



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN STOLNÍ VRTAČKY

DESIGN OF BENCH DRILL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matúš Gago

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.

BRNO 2019



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Matúš Gago**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. Eva Fridrichová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Design stolní vrtačky

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Stojanové a stolní vrtačky patří mezi nejvíce využívané obráběcí stroje. Tvarové, grafické a ergonomické řešení by mělo odlišovat stolní vrtačku od konkurenčních přístrojů na trhu tak, aby bylo atraktivní pro cílovou skupinu uživatelů.

Typ práce: vývojová – designérská

### Cíle bakalářské práce:

Návrh vizuálně atraktivního designu stolní vrtačky respektujícího technické, ergonomické a estetické parametry pro použití v menších dílnách ve formě konceptu. Cílovou skupinou jsou profesionálové i domácí kutilové. Hlavními použitými materiály jsou kovy. Předpokládá se velkosériový typ výroby.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- navrhnout nejen samotné zařízení, ale i příslušenství jako ochranný pracovní kryt, pouzdro pro uložení příslušenství nebo grafické rozhraní displeje,
- popsat ergonomické a technologické parametry návrhu stolní vrtačky,
- realizovat fyzický model stolní vrtačky v měřítku 1:1 nebo 1:2.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2019.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2019.pdf)

### **Seznam doporučené literatury:**

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials, c2012. ISBN 978-80-260-0538-4.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckopřemyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

AIREY, David. Logo: nápad, návrh, realizace. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-2-1-3151-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Bakalárska práca sa venuje inovatívnemu tvarovému a ergonomickému designu stolnej vŕtačky, ale aj návrhu jeho funkcií spojených s ovládaním. Dôraz je kladený zlepšenie estetickej a funkčnej formy súčasných vŕtačiek. Táto práca môže byť pokladaná za doplnok alebo inšpiráciu k prácam venujúcim sa návrhu a konštrukcii stolných vŕtačiek a ich príslušenstva.

## KLÚČOVÉ SLOVÁ

stolná vŕtačka, páka posuvu vretena, ergonómia vŕtania, koncept vŕtačky, design

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the innovative shape and ergonomic design of the table drill, the design of its functions associated with the control as well. Emphasis is placed on improving the aesthetic and functional form of current drills. This work can be considered as an addition or inspiration to the work on the technical design and construction of table drills and their accessories.

## KEYWORDS

table drill, spindle lever, drilling ergonomics, drill concept, design



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GAGO, Matúš. Design stolní vrtačky. Brno, 2019. 75 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Eva Fridrichová.



## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....  
Podpis autora



## POĎAKOVANIE

Chcel by som vysloviť vďaku mojej vedúcej práce Ing. Eva Fridrichová Ph.D. za vedenie bakalárskej práce, podporu a trpezlivosť pri tvorbe. Ďalej ľuďom z Ústavu Konstruování a Ústavu mechaniky těles, ktorý prispeli cennou kritikou a konštrukčnými pohľadmi na design. Ďalej mojej rodine, a priateľom ktorý ma podporovali.





## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Designérska analýza .....</b>	<b>2</b>
2.1.1	Max Eyth - Camelback DP-1 .....	2
2.1.2	Vrtačka VS 20/35.....	3
2.1.3	Bernardo KBM 32 .....	4
2.1.4	FLOTT TB 23 PLUS .....	5
2.1.5	Proxxon TBH Bench drill press.....	6
2.1.6	Scheppach DP 16 VL .....	7
2.1.7	BOSCH PBD 40 .....	8
2.1.8	Nova Voyager Drill Press .....	9
<b>2.2</b>	<b>Technická analýza .....</b>	<b>10</b>
2.2.1	Upínanie rezného nástroja .....	10
2.2.2	Vrtáky .....	11
2.2.3	Hlavní súčasti vrtačky.....	11
2.2.4	Rezná kinematika .....	12
2.2.5	Mazanie, rezné kvapaliny.....	12
2.2.6	Rezanie závitov .....	12
2.2.7	Motor.....	13
2.2.8	Používané typy prevodoviek .....	13
2.2.9	Digitálne snímače polohy .....	13
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CIEL PRÁCE .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Analýza problému .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Ciele práce, cieľová skupina .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Možné funkčné a tvarové vlastnosti .....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Telo vrtačky .....</b>	<b>16</b>
4.1.1	Variantný návrh tela vrtačky 1 .....	16
4.1.2	Variantný návrh tela vrtačky 2.....	17
4.1.3	Variantný návrh tela vrtačky 3.....	18
4.1.4	Variantný návrh tela vrtačky 4.....	19
<b>4.2</b>	<b>Variantné návrhy ramena posuvu .....</b>	<b>20</b>
4.2.1	Tvarová a ergonomická štúdia úchopu posuvu vretena .....	20
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ RIEŠENIE .....</b>	<b>22</b>

<b>5.1 Korpus .....</b>	<b>22</b>
5.1.1 Vrchlík.....	22
5.1.2 Masívne telo.....	23
5.1.3 Plastové krytovanie .....	23
5.1.4 Časť pre Riadiaci panel.....	25
5.1.5 Podstavec.....	25
5.1.6 Výsledné tvarové riešenie .....	26
<b>6 KONŠTRUKČNÉ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE .....</b>	<b>28</b>
<b>6.1 Technické parametre a veľkosť .....</b>	<b>28</b>
6.1.1 Rozmery .....	29
6.1.2 Materiály .....	30
6.1.3 Vreteno a jeho nastavenie .....	30
6.1.4 Páka vertikálneho posuvu vretena .....	32
6.1.5 Stĺp .....	35
6.1.6 Pracovný Stôl .....	35
6.1.7 Nádoby na rezné kvapaliny .....	38
6.1.8 Príslušenstvo - Bezpečnostný kryt.....	39
6.1.9 Príslušenstvo - Stojan na základné vrtáky a príslušenstvo.....	39
<b>6.2 Ergonómia postavy.....</b>	<b>41</b>
<b>6.3 Prvky riadiacich panelov a riadiaci panel .....</b>	<b>42</b>
<b>6.4 Displej .....</b>	<b>44</b>
<b>7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE .....</b>	<b>47</b>
<b>7.1 Grafické rozhranie displeja a tlačidiel .....</b>	<b>47</b>
7.1.1 Typografia a logotyp.....	48
<b>7.2 Farebné riešenie .....</b>	<b>49</b>
<b>8 DISKUSIA .....</b>	<b>52</b>
8.1 Psychologická funkcia .....	52
8.2 Ekonomická funkcia.....	52
8.3 Sociálna funkcia.....	52
<b>9 ZÁVER .....</b>	<b>53</b>
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....</b>	<b>54</b>
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV .....</b>	<b>56</b>
<b>ZOZNAM PRÍLOH .....</b>	<b>58</b>



# 1 ÚVOD

Výberom témy bakalárskej práce je design Stolnej vŕtačky ako zariadenie na tvorbu dier. Je to koncept, ktorý umožňuje vyvŕtať presné diery v menšom množstve na produktoch malosériovej výroby. Uplatní sa tiež ako nástroj pre hobby makerov - jednotlivcov, alebo v zdieľaných dielnach - pre produkty malosériovej výroby, ktoré napriek obvykle kusovej výrobe, často vyžadujú pomerne vysokú presnosť a efektivitu práce.

Stolné vŕtačky sú uprednostňované pre ich kompaktné rozmery a možnosť ich pohodlne uskladniť aj na menších pracoviskách, pri zachovaní funkčnosti plnohodnotnej veľkej vŕtačky. Ich všestrannosť by mala byť podnietená funkciami ktoré ponúkajú. Preto sa v tomto designe budem snažiť zakomponovať nie len prvky ergonomické a tvarové ale aj funkčné. Niektoré užitočné funkčné prvky nebudú v tejto práci vizualizované a budú iba myšlienkovy načrtnuté, no v prípadnom priemyselne aplikovanom zariadení vo výraznej miere uľahčia a urýchlia pracovnú činnosť na vŕtačke.

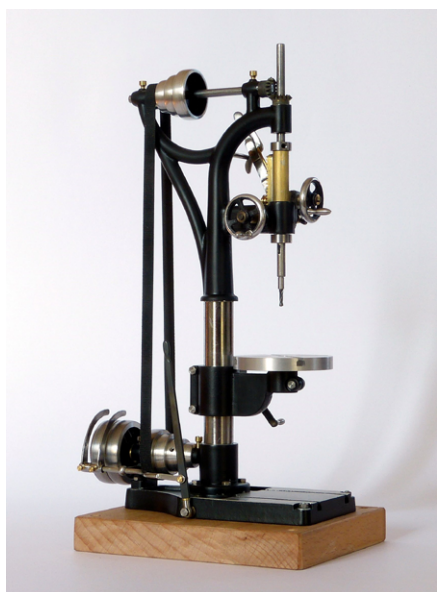
Sám autor je hobby maker a tiež navštevuje otvorené dielne prístupné širokej verejnosti. Často sa tu stretáva s problémami, ktoré pri takejto verejnej prevádzke strojov nastávajú. Ku strojom pristupujú pracovať osoby poučené iba o bezpečnosti a nejakých základných parametroch vŕtačky. A na základe toho či už vedome, alebo nevedome porušujú rezné parametre. Čím znižujú životnosť nástrojov a motora. Práve preto mnohé z funkčných predpokladov stolných vŕtačiek boli stanovené subjektívne - potrebami podobných verejných dielní a mojim pohľadom na konkrétny problém, a v komerčných strojoch zatiaľ implementované nie sú.

## 2 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

### 2.1 Designérska analýza

Potreba vytvoriť v predmete otvor pre upevnenie na iný predmet je tu už celé tisíceročia. Spôsobov ako toho dosiahnuť je hneď niekoľko, od tých najprimitívnejších po tie dnešné, najdokonalejšie. Medzi najstaršiu vŕtačku 20. a 21. storočia patrí Max Eyth - Camelback DP-1 jej konštrukcia a design vychádza zo základných požiadavkov na tuhosť, ale aj funkčnosť a obsluhu stroja. Významným prínosom pre túto prácu má z hľadiska toho, že jeho funkčné časti sú odkryté a voľne dostupné. Môžeme tak mať jasnú predstavu o tom, ako vŕtačka funguje, a tento princíp je vo svojej podstate implementovaný dodnes.

#### 2.1.1 Max Eyth - Camelback DP-1



Obr. 2 - 1 Historická vŕtačka Max Eyth - Camelback DP-1 [8]

**KATEGÓRIA** Archaický predstaviteľ, zberateľský kúsok

**DESIGN** Telo je odliate z kruhových profilov, pravdepodobne z liatej ocele, funkčné časti sú leštené, pohon je zaústený prevodovkou s koženým remeňom. Pracovný stôl je pripevnený dvoma skrutkami, výškovo nastaviteľný obstaraný T-drážkovaním do kríža, po ľavej strane je páka na odpojenie prevodu od pohonu na umožnenie vypnutia, alebo zmeny prevodového pomeru, skľučovadlo je podobné morse kuželu.

**FARBA** Čierna, kovový lesk

**KOMENTÁR** Z pohľadu funkčne aj tvarovo najzaujímavejším a najstarším, dnes viac umeleckým a historickým dielom ako strojom na vŕtanie z roku okolo 1890. Nachádza sa na nej iba to čo na nej nevyhnutne musí byť, a je to prevedené tak jednoducho, ako vtedajšie technické možnosti umožňovali. Je to umelecké dielo, jej cena však spočíva v historickej hodnote preto ju do celkového porovnania nebudem zaradovať. Funkčné tvarovanie zabezpečuje správne rozloženie síl, a tiež ponúka nízku váhu. Pohon a prevody sú priznané a riešené koženým remeňom príznačným pre dobu v ktorej sa vyrábala a bola používaná.

### 2.1.2 Vřtačka VS 20/35



Obr. 2 - 2 Vřtačka Heltos [14]

**KATEGÓRIA:** Priemyselné, do 30 000kč

**FARBA** Jemná krémová, modrá s čiernymi funkčnými prvkami

**DESIGN** Telo vřtačky je odliate z liatiny a je funkčne tvarované. Na tých častiach kde sa nachádzajú nejaké prvky, sa nachádza tvarový prvok odzrkadľujúci tvar funkčnej časti. Funkčné časti sú z ocele. Jedná sa o čisto mechanické prevedenie. Disponuje automatickým posuvom, vřtaním závitov s nastavením posuvu a reverzný chod. Svojím vzhľadom pôsobí veľmi robustne. Jej základňa je pevná a jej telo je posúvateľné na stĺpe. Funkčné prvky sú rozmiestnené po stranách vřtačky.

**KOMENTÁR** Československá klasika z roku cca 1985 ktorá svoju slávu zažíva prakticky dodnes. Je vybavením nejednej domácej dielne. Dostupná je nie len pre jej cenu, ale hlavne svojou robustnou konštrukciou, možnosťami ktoré ponúka a vtedajšou dostupnosťou - je na to priam predurčená. Kvalitný, dostatočne dimenzovaný stroj, ktorí bude spoľahlivo slúžiť ešte niekoľko rokov. Ponúka rezanie závitov so spätným chodom. Vyrába sa s pozmenenými prvkami do dnes. Technologicky určené tvary a účelný design, pôsobí veľmi decentným, industriálnym dojmom.

Cena na trhu je približne 23 000 Kč v modernom prevedení vyrába firma Heltos.

### 2.1.3 Bernardo KBM 32



Obr. 2 - 3 Vrtáčka Bernardo [7]

**KATEGÓRIA** Profesionálne Priemyselné , nad 100 000kč

**FARBA** modrá, smotanová

**DESIGN** Šedo liatinová stĺpová vrtáčka s hranatým stĺpom s lineárnym vedením. Stôl je pevne spojený v 3 bodoch a je výškovo nastaviteľný, s tromi T-drážkami. Vreteno je osadené morse kužeľom. Funkčné prvky sú postranné ale mnohé sú ovládané elektronicky. Mechanické prvky sú umiestnené postranne, elektronické sú umiestnené v jednej línii na prednej strane. Tiež môžeme vidieť prevodové tabuľky na rezanie závitov, voľbu posuvu, a rýchlosti otáčok. Motor je umiestnený z vonku s remeňovým prevodom na hriadeľ vretena. Telo je strohé hranaté až krabicové.

**KOMENTÁR** Ideálna strojová vrtáčka pre vrtanie, vystružovanie a rezanie závitov. Vhodná pre kusovú i hromadnú výrobu. Vzhľadom na masívnu liatinovú konštrukciu je tento model určený pre ťažké práce v strojárstve, spracovateľskom priemysle a stavebníctve. Základňa a stojan v masívnej skriňovej konštrukcii pre náročné činnosti. Výkonný motor s vysokým krútiacim momentom a silným posuvom.

Cena na trhu približne 230 547 Kč

## 2.1.4 FLOTT TB 23 PLUS



Obr. 2 - 4 Vŕtačka Flott [6]

**KATEGÓRIA** Priemyselné, laboratórne, do 100 000kč

**FARBA** Šedá

**DESIGN** liatinová základňa s dvoma T drážkami, výškovo nastaviteľný stôl s T-drážkami plastové telo. Všetky prvky, okrem posuvu s tromi ramenami, sú všetko ovládané elektricky s predného panela s malým displejom. Motor s dynamicky meniteľným parametrami umiestnený vo vnútri tela vŕtačky.

**KOMENTÁR** Inteligentná stolná vŕtačka s automatickým posuvom disponuje funkciami ako je automatický nulový bod pre nástroj, odmeriavanie hĺbky vŕtania, plynulá rýchlosť vretena. Všetky informácie sú zobrazené prehľadne na malom displeji, všetko pôsobí usporiadane a spoľahlivo, vŕtačka je vhodná do dielni ale aj do precíznych laboratórnych podmienok.

Cena sa pohybuje na 38 136Kč



### 2.1.5 Proxxon TBH Bench drill press



Obr. 2 - 5 Vŕtačka Proxxon [5]

**KATEGÓRIA:** Hobby, do 30 000kč

**FARBA** Žltá, Zelená

**DESIGN** Malá stolná vŕtačka s pracovným stolom a stojanom v jednom, telo je vyrobené z plastu a oceľovou nosnou konštrukciou. Liatinový stôl je vybavený dvoma T-drážkami a otvorom pre vrták. Motor je umiestnený vo vnútri korpusu. Telo je jemne tvarované so skosenými hranami.

**KOMENTÁR** Malá sympatická vŕtačka na príležitostné vŕtanie dier v domácich podmienkach, príjemná farebná kombinácia aj šikový design ju predurčuje na predaj v supermarketoch pre menej náročných používateľov ktorý požadujú naozaj iba základné funkcie.

**Cena na trhu je približne 15 000kč.**

## 2.1.6 Scheppach DP 16 VL



Obr. 2 - 6 Vírtačka Scheppach [4]

**KATEGÓRIA:** Hobby, do 5 000kč

**FARBA** Čierna, modrá

**DESIGN** Stojan vyrobený z lisovaného plechu je pripevnený skrutkami, Výškovo nastaviteľný liatinový stôl s integrovaným zverákom. Ovládanie posuvu je prostredníctvom troch ramien s voliteľnou stranou (ľavá/pravá), Telo je stroho tvarované kvádrového tvaru. Motor je umiestnený v jednoduchom puzdre bez chladiacich rebier. Vo vrchnej časti je v plechovom puzdre umiestnený prevod.

**KOMENTÁR** Konštrukčne extrémne jednoduchá stolná vírtačka, modelov podobných tomu-  
to je na trhu viac ako dosť pod rôznymi obchodnými názvami s minimálnymi farebnými a  
obsahovými obmenami, obsahuje laserové zameriavanie, pre zostavenie naznačenej diery  
ktoré je naozaj iba približné, designovo nie je ničím zaujímavá a pôsobí lacným dojmom.

Cena na trhu 3799 Kč

### 2.1.7 BOSCH PBD 40



Obr. 2 - 7 Vrtáčka Bosh [3]

**KATEGÓRIA:** Hobby, do 30 000kč

**FARBA** Zelená

**DESIGN** Veľmi funkčne vytvarovaná vrtáčka s bohato tvarovaným plastovým telom. Stôl integrovaný do podstavca s dvoma T-drážkami pravdepodobne z hliníku. Inovatívny upínací systém pomocou páčky po strane. Všetky ovládacie prvky sú ovládané elektronicky a zobrazované na prehľadnom displeji. Posuv tela je zabezpečený kruhovým posuvným mechanizmom. Môžeme tu tiež vidieť monochromatický displej, s podsvietením.

**KOMENTÁR** Pomerne inovatívny design, zaujímavé prevedenie. Veľmi jednoduché ovládanie, bez remeňového prevodu, pohon iba pomocou motora. Ponúka laserové zameriavanie a LED podsvietenie pracovnej plochy a zaujímavé prevedenie posuvu pomocou kolesa. Možnosť nastavenia zdvihu a odmeriavanie hĺbky vrtania. Zaujímavou časťou celej sústavy je pracovný stôl, ktorý ponúka jednoduché nastavenie pre vedenie vrtaného dielu.

Cena na trhu 6200 Kč.

## 2.1.8 Nova Voyager Drill Press



Obr. 2 - 8 Voyager ako koncept [2]

Koncept ktorí je veľmi netradične spracovaný, zahŕňa jednoduchý motor, podobne ako v prípade vrtačky Bosh, ale posúva design zasa na novú úroveň. Jednoduché nastavenie a software ktorí pomáha nastaviť optimálne rezné podmienky.



Obr. 2 - 9 Voyager ako spotrebný produkt [1]

**FARBA** hnedá, červená

**DESIGN** Design tejto vrtačky je zostavený z masívneho stĺpu na ktorý je pripevnená základna tela vrtačky valcového tvaru. Telo sa v jednej línii tiahne do časti s vretenom a motorom, zo všetkých strán nachádzame úkopy rovnako tak smerom od displeja, čo zabezpečuje dobrú čitateľnosť aj pri bočnom oslnení. Displej je monochromatický

**KOMENTÁR** Tento veľmi podarený a funkčný design je na veľmi dobrej úrovni a spomedzi ostatných variánt sa funkčnosťou najviac približuje nami vytváranému modelu vrtačky. Jeho inteligenetné funkcie ako - riadenie procesu vŕtania diery, automatické zastavenie vŕtania po ukončení procesu vŕtania sú príkladom pre všetkých výrobcov. Jeho slabšou stránkou je však prehľadnosť a voľba funkcií.

## 2.2 Technická analýza

Vrtanie je proces trieskového obrábania materiálu pri ktorom vzniká diera kruhového prierezu. Podľa typu vŕtačky a je maximálny priemer obmedzený na základe stanovených rezných parametrov. [13]

### Stroje na výrobu dier - rozdelenie všeobecne podľa veľkosti

**Vŕtačky ručné** určené na prenášanie a prácu v málo dostupných miestach bez nároku na vysokú presnosť, väčšinou je maximálny priemer skľučovadla 16mm. [13]

**Vŕtačky stolné** sú charakteristické svojim pracovným stolom väčšinou pevne pripevneným k podložke. Na pracovnom stole sa nachádzajú upínacie drážky na obrábaný materiál. Po boku býva hrebeň po ktorom sa pracovný stôl posúva voči vretenu. [13]

**Vŕtačky stĺpové** Podobný design ako vŕtačky stolné, majú charakteristický stĺp po ktorom sa posúva vreteno a pracovný stôl, obrábaný kus je možné uložiť na stôl ale aj na podstavec.[13]

**Vŕtačky stojanové** Vŕtačky ktoré majú robustný stojan, ktorí nie je valcoví. Pohyb vretena je zabezpečený po vodiach lineárnych vedeniach v axiálnom smere . Konštrukčne je možné vrtanie dier do priemeru 100mm mm. [13]

**Vŕtačky radiálne** Špeciálny typ vŕtačky, ktorej vreteno je umiestnené na otočnom ramene. Umožňuje variabilitu vrtania buď na pracovnom stole alebo objektu ukotveného mimo tejto sústavy. [13]

**Vŕtačky súradnicové** Používajú sa na veľmi presné geometrické rozložené sústavy dier s toleranciami Moderné systémy sú riadené systémom CNC. [13]

**Vŕtačky špeciálne** Vŕtačky určené na veľké obrobky, kde je nemožné obrobok upnúť k pracovnému stolu ale vŕtačka je vložená do obrobku a pomocou otočnej hlavy zaisťuje presné vrtanie. [13]

### 2.2.1 Upínanie rezného nástroja

Skľučovadlo slúži na upínanie nástroja do vretena vŕtačky. Prenáša krútiaci moment z vretena na rezný nástroj, a umožňuje čo najrýchlejšiu výmenu nástroja.

**Skľučovadlo - rýchlopínacie** tento druh skľučovadla funguje na princípe ťahovania závit. Odťahuje a priťahuje sa rukou na povrchovo zdrsenej časti skľučovadla. [13]

**Skľučovadlo - s ozubeným vencom** : ťahuje a odťahuje sa pomocou kľúča s ozubením pričom kľúč pôsobí na Skľučovadlo väčším ťahovacím momentom ako pri ťahovaní nástroja rukou. Vďaka čomu je nástroj upevnený omnoho pevnejšie. [13]

**Morse Kužel'** slúži na upínanie a vystredenie nástrojov ale aj iných druhov skľučovadiel, je to systém vyvinutý v roku 1870 firmou Morse. [10]

**Special Direct System** - umožňuje rýchle vymenenie nástroja potiahnutím poistky, vyžaduje sa však nástroj so špeciálne tvarovanou stopkou s drážkou. [13]

## 2.2.2 Vrtáky

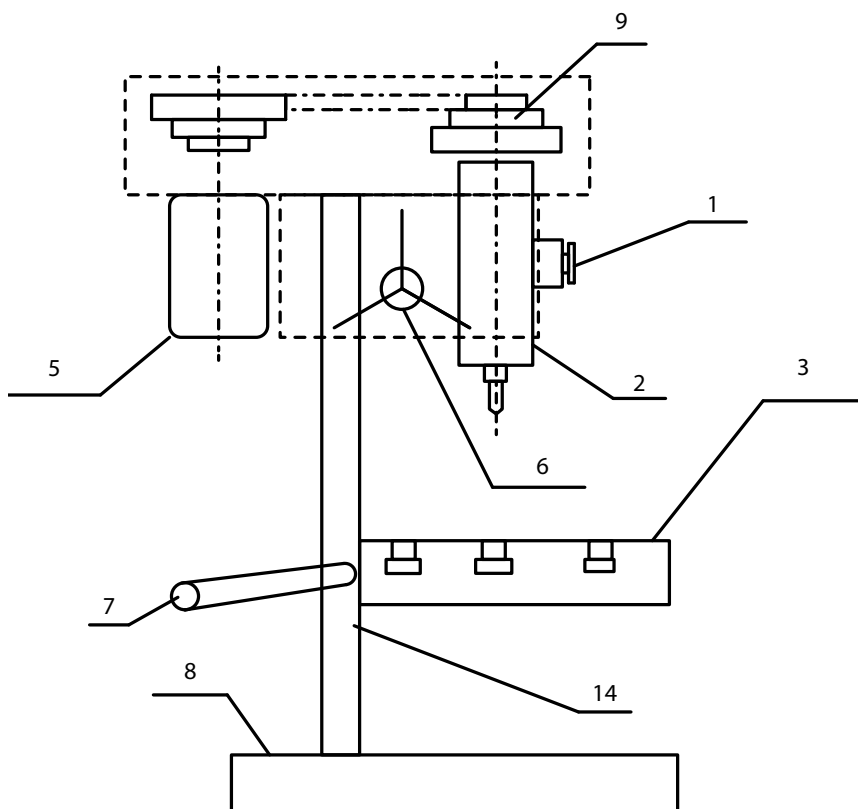
**Šrobovité vrtáky** Vrtanie krátkych dier s presnosťou rozmeru IT 10 - IT13, a drsnosťou povrchu diery Ra 6,3-25. Jedná sa o najpoužívanější nástroj na vrtanie dier. Má pomerne zložitú geometriu, nástrojové uhly sa menia, poznáme rovinné, valcové, kužeľové a špirálovité zbrúsenie špičky hrotu. [10]

**Kopinaté vrtáky** svojou konštrukciou najjednoduchšie vrtáky s presnosťou rozmeru IT 10, a drsnosťou povrchu diery Ra 6,3-25, predchodcovia šroubovitých vrtákov, dnes sa vyskytujú hlavne vrtáky s výmenným hrotom. [10]

**Vrtáky s vymeniteľnou špičkou / hlavicou** Najproduktívnejšie nástroje s presnosťou rozmeru IT 8-10, a drsnosťou povrchu diery Ra 3,2-12,5. Určené na presné vrtanie, pri špecifických požiadavkách, špička je vysoko tvrdá, a telo je húževnaté. Geometria je vždy prispôbená na odvod triesky vnútrom vrtáku alebo prívod chladiaceho média priamo k britu [13]

**Strediaci vrták** špeciálny vrták pre vrtanie krátkych dier pre upínanie obrobkov do hrotov alebo na predvrtávanie strediacich dŕlkov, pre presné určenie osy vrtania [13]

## 2.2.3 Hlavní súčasti vrtačky

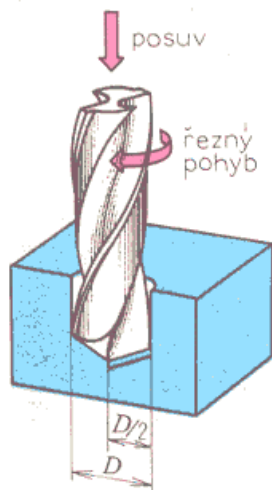


Obr. 2 - 10 Hlavné súčasti vrtačky

1 hlavný bezpečnostný vypínač, 2 vreteno s krytom, 3 stôl, 4 stĺp 5 motor 6 páka posuvu vretena 7 kluka nastavenia výšky stolu 8 základňa vrtačky - podstavec 9 prevodovka

## 2.2.4 Rezná kinematika

Hlavný rezný pohyb vykonáva nástroj a jedná sa o pohyb rotačný, vedľajší pohyb je priamočiary v smere osy otáčania. Rezná rýchlosť, ktorá je mernou jednotkou hlavného pohybu, je u vŕtacích nástrojov najväčšia na obvode, a znižuje sa k stredu nástroja, kde je limitne nulová. Z toho dôvodu je pri vŕtaní veľkých dier, vŕtať dieru postupne a nie hneď nástrojom veľkého rozmeru. Reznou rýchlosťou je obvodová rýchlosť najväčšieho priemeru vrtáku. [10]



Obr. 2 - 11 Popis reznej kinematiky nástroja [9]

### Výpočet reznej rýchlosti

$V_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000$ ,  $D$  = priemer vrtáku [mm]  $V_c$  = Rezná rýchlosť [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]  $n$  = otáčky vrtáku [ $\text{min}^{-1}$ ] [13]

### Výpočet otáčok vretena

$n = 1000 \cdot V_c / (\pi \cdot D)$  [ot/min, rpm] [13]

### Výpočet za Posuvu za minútu

$F_{\text{min}} = n \cdot f_o$ ;  $f_o$  = posuv na otáčku [mm] [13]

## 2.2.5 Mazanie, rezné kvapaliny

Mazanie je dôležité z dôvodu odvodu tepla a znižovaniu trenia spôsobeného pohyblivými časťami. Používajú sa rôzne Vodné roztoky, Emulzné kvapaliny, Zušľachtené rezné oleje, Organické zlúčeniny, Pevné maziva. [10]

## 2.2.6 Rezanie závitov

Je proces pri ktorom sa do valcovej plochy pomocou nástroja vyrezáva závit. Závit môže byť vyrezaný z vonkajšej alebo z vnútornej strany, môže byť ľavotočivý alebo pravotočivý. Pri rezaní je dôležité aby bol posuv vretena a otáčky zosynchronizované na veľkosť rezaného závitu. Pri rezaní závitu ručne tento posuv zabezpečujú pomalé otáčky a nástroj ktorý si posuv zabezpečuje sám podľa jeho tvarovania. [13]



## 2.2.7 Motor

Motor vŕtačky je hnacia časť celej sústavy, dôležité parametre pre vŕtačky sú jeho výkon, otáčky, a krútiaci moment.

Výkon stojanových a stolových vŕtačiek sa pohybuje v rozmedzí od menej ako 600W do 1600W hnacieho výkonu motora. Výkon motora  $P$  určuje jeho základné parametre - moment sily  $M$ , a uhlovú rýchlosť  $\omega$ . Podľa vzťahu  $P = M \cdot \omega$ . Z týchto parametrov stanovujeme reznú rýchlosť. Na základe požadovaného maximálneho priemeru nástroja určujeme potrebnú otáčku motora.[18]

Najviac využívané motory pri vŕtačkách sú Asynchronné trojfázové elektromotory, ich výhoda je hlavne ich cena a ľahká dostupnosť no čoraz častejšie môžeme vidieť aj zariadenia ktoré používajú motory synchronné - bezkartáčové elektromotory, alebo trakčné motory. [18]

### Zmena rýchlosti vretena

Zmenu rýchlosti otáčok a momentu vretena zabezpečuje prevodovka. Vo vŕtačke vytvára pohyblivé spojenie medzi vretenom a hnacím motorom. Plní funkciu zmeny otáčok a krútiaceho momentu, podľa práve zvoleného prevodového pomeru. [17]

## 2.2.8 Používané typy prevodoviek

**Remeňové**, kde je remeň vedený väčšinou zo zadnej strany vŕtačky vedený ponad telo v ochrannom kryte, a pomocou remení poháňa vreteno v prednej časti. Táto varianta však prináša isté nedostatky v zmysle zdĺhavej zmeny prevodového pomeru. Ale plní ochrannú funkciu motora pred zhorením (v prípade zaseknutia nástroja v obrobku remeň preklzne). [17]

**Variátor** prevodovka ktorá umožňuje plynule meniť prevodový pomer bez nutnosti odpojiť hnací člen, a tiež zabezpečuje ochranu motora preklzom, v prípade použitia remeňovej varianty. [18]

**Ozubené prevody** - zabezpečujúce jemnejší prevod medzi jednotlivými otáčkami.

Často sa pri vyšších radách vŕtačiek používa kombinácia spomenutých druhov, pre vytvorenie väčšieho spektra otáčok a zanedbanie výhod a nevýhod.

Ďalšou možnosťou je použitie vretena s elektrickým ovládaným frekvenčným meničom ktorý pomocou frekvencie rozdelí elektrické napätie a spomalí tak otáčanie vretena. Jeho nevýhodou je zníženie krútiaceho momentu pri nižších otáčkach. [18]

## 2.2.9 Digitálne snímače polohy

Na snímanie polohy a vzdialenosti môžeme používať rôzne metódy zisťovania digitálnych hodnôt.

**Enkodér** Využíva sa na zisťovanie presnej polohy a otáčok rotačných zariadení, motorov, ale aj otočných voličov slúžiacich na nastavovanie hodnôt. [12]

**Kapacitný snímač** - pomocou kapacitných plošiek po celej meranej dĺžke odmeriava polohu s pomerne vysokou presnosťou. [12]



## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CIEL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Na súčasnom trhu nájdeme veľké množstvo stolových vrtačiek, ktoré svoj účel vrtania diery vo väčšej alebo menšej miere splnia vždy. Ich parametre sa v podobných cenových hladinách výrazne nelíšia a výrobcovia sa snažia zachovať primárne funkčnosť prístroja v zmysle možnosti nastavenia otáčiek a základných bezpečnostných prvkov. Tvar alebo nejaká užívateľská prívetivosť zariadenia ide bokom. Na trhu existuje zopár originálnych produktov a výrobkov firiem, no mnohé značky buď iba kopírujú vzhľad alebo sa stavajú do role ressele- ra, kedy prevezmú celý produkt a zmena nastáva iba vo farbe, drobných nepodstatných detailoch alebo v dodávanom príslušenstve. Keďže parametre obmedzujú aktuálne technické možnosti, môžeme predpokladať že atraktívny vzhľad a rozšírenie možností vrtania intuitívne funkcie osloví potencionálneho zákazníka viac ako zaužívané vlastnosti.

### 3.2 Ciele práce, cieľová skupina

Cieľová skupina je zameraná na hobby makerov a fanúšikov, ale i malosériové výroby, kde je kladený dôraz na maximálnu kvalitu, čo najväčšie zvýšenie efektivity práce, uľahčenie a urýchlenie rutinných procesov, ktoré pri práci zdržujú. Príkladom je označovanie dier dielu, pri ktorom sa nevyžaduje vysoká presnosť (napríklad séria dier na vešiak na prádlo, ). Alebo na druhú stranu diel, pri ktorom sa vyžaduje vysoká presnosť . Malo by byť dosiahnuté funkčnými, tvarovými a mistake-proof opatreniami produktu.

Cieľom práce je priniesť koncept z hľadiska designu ale aj podrobným popisom funkcií s inovatívnym prístupom k používateľovi, ako k osobe vykonávajúcej činnosť a napríklad nie úplným vzdelaním v problematike vrtania. Cieľom je taktiež dostať do dielne kompletné zariadenie ktoré bude mať vyriešené všetky alebo väčšinu potrieb na prácu. Dôležitými prvkami okrem štandardnej sústavy na vrtanie sú osvetlenie, zvýrazňovanie, skladovanie rezných nástrojov, ale aj príslušenstva akými je posuvné meradlo, rezná kvapalina, odvod a skladovanie triesky.

Príkladom takejto osoby alebo cieľovej skupiny zákazníkov je:

- Človek ktorý navštevuje otvorené dielne
- osoba túžiaca tvoriť, bez nejakých výrazných predchádzajúcich znalostí.
- Človek v malosériovej výrobe
- jednotlivец / súkromný podnikateľ
- domáci kutil

### 3.3 Možné funkčné a tvarové vlastnosti

Zoznam funkčných a tvarových vlastností ktorý je vytvorený na základe prieskumu v otvorených dielnach ale aj z požiadaviek autora bakalárskej práce.

- **Laserové zameriavanie osi vrtania** (laserový kríž na os diery)
  - zameriavanie **stredú profilu** od dorazu (laserové vodítka na okraj-os profilu-okraj)
  - zameranie - **delička úsekov dier** (laserové zobrazenie 3 dier)
    1. diera zobrazená nájde pozíciu už existujúcej diery
    2. diera zobrazená bude aktuálne vrtaná diera
    3. diera už navrtaná je, alebo je v tom mieste predpokladaná
  - ďalšia možnosť pochopenia zobrazenia v prípade poľa viacerých dier
    1. zobrazuje pozíciu existujúcej diery A
    2. zobrazuje pozíciu existujúcej diery B
    3. zobrazuje pozíciu práve vrtanej diery, prípadný nutný posuv k ose vrtania
- **Zameriavacia kamera**
- **Elektronický posuv dorazu v ose y**
- **Mechanický posuv na doladenie presného stredú diery** v rozsahu 10 mm
- **Pevná pozícia osy vrtáčky s osou upínacieho stola** na zamedzenie zavrtania do podložky
- **Odmeriavanie aktuálnej vzdialenosti posuvu vretena**
- **Automatický posuv vretena**
- **Rezanie závitov**
- **Vylepšená Ergonómia** troch rúkoviť posuvu
- **Výrazovo odlíšiť produkt** od ostatných produktov na trhu
- **Nastavenie** a výpočet správnych **otáčok a rezných rýchlostí** pomocou zadania použitého materiálu a vrtacieho nástroja pre neprofesionálnych používateľov
- Nastavenie otáčok a rezných rýchlostí manuálne pre profesionálov
- Dostupné stop tlačidlo
- **Nádoby na zbieranie rezného roztoku**
- **Vzduchové chladenie nástroja**, odstraňovanie triesky
- **Výškovo nastaviteľný stôl**
- **AmoLED Displej** na zobrazovanie hodnôt spojeného s mechanickým ovládaním.
- **Zachovanie mechanického ovládania**
- **Nasvietenie pracovného priestoru**, aj priestoru okolia
- **Triedička a držiak** na vrtáky

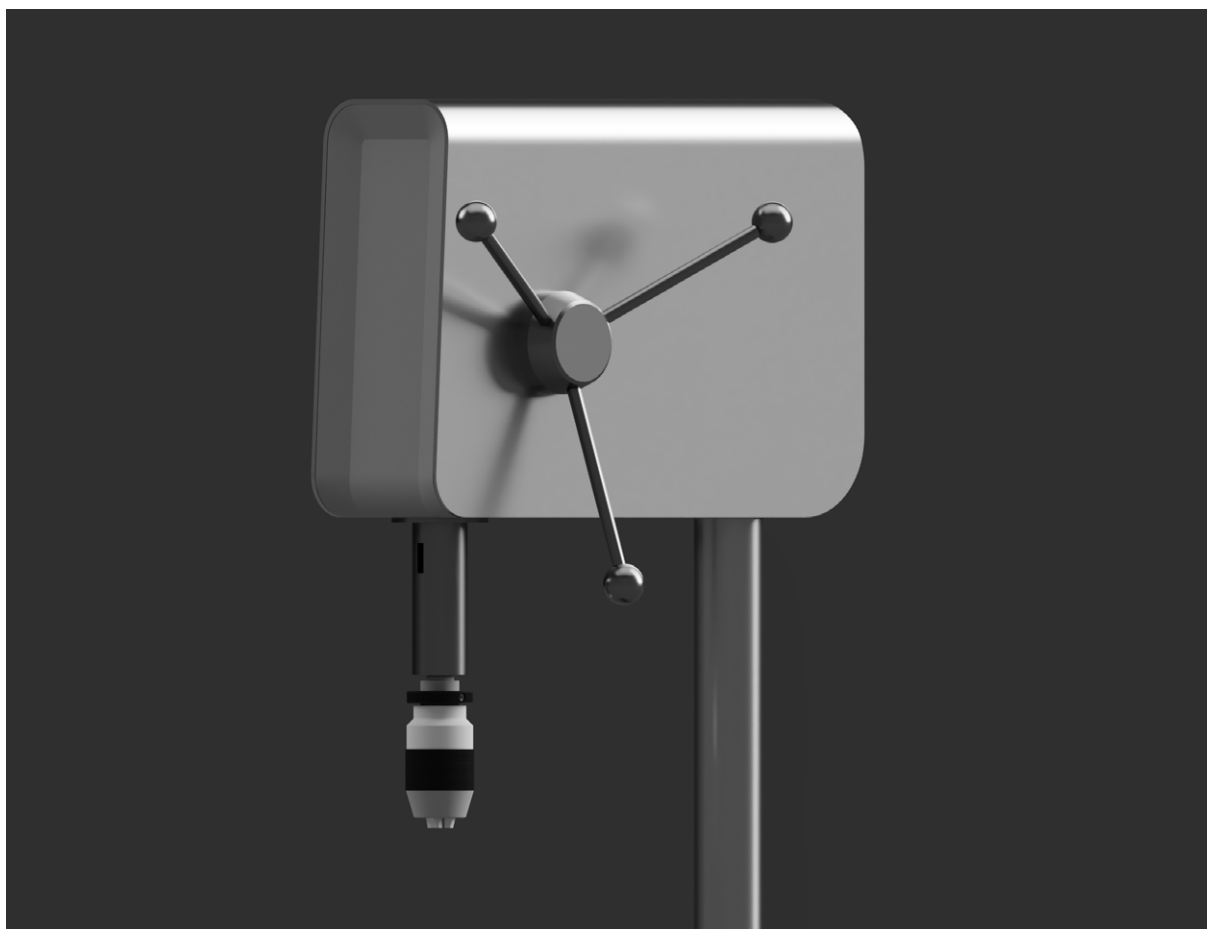
## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Stolná vrtáčka sa skladá z viacerých komponentov ktoré môžu mať príbuzný ale aj odlišný design. Dôraz však kladieme na to, aby komponenty spolu ladili a navzájom sa dopĺňali. Niektoré časti, ktoré sú výrazne strojárske, zostávajú strojárske a ich tvar sa mení iba v detailoch. Na variantných návrhoch sa budeme zaoberať hlavne časťami designérsky uchopiteľnými a modifikovateľnými, ako korpus, rúčka a ovládanie. Rozloženie mechanických ovládacích prvkov konzervatívne zostáva na rovnakom mieste ako na komerčných strojoch. Vo variantných návrhoch som sa snažil vstupovať so základnými požiadavkami na výrobu ale aj ergonómiu a zaujímavý vzhľad ktorý vystupuje z radu štandardných zariadení na trhu.

### 4.1 Telo vrtáčky

#### 4.1.1 Variantný návrh tela vrtáčky 1

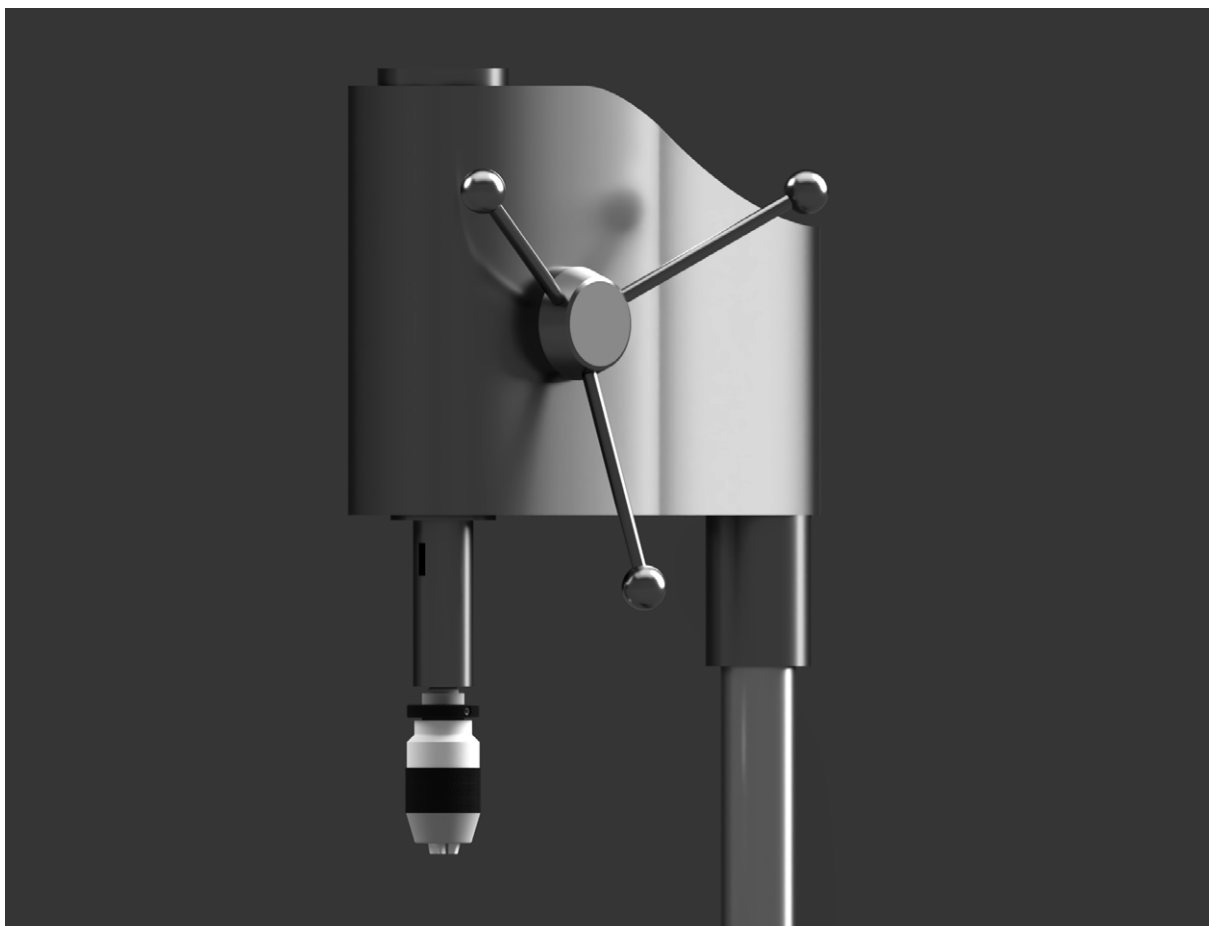
Prvou požiadavkou pri tomto variantnom návrhu bola jednoduchosť výroby. Krabicové telo z plastu s oceľovou nosnou výstuhou a pozohýbaný plechový výpalok s riadiacim panelom uprostred. Svojou jednoduchosťou je návrh viac určený ako low-cost riešenie a vhodný na výrobu v jednoduchých podmienkach. Toto riešenie by som zvolil v prípade, keby som chcel vrtáčku vyrábať doma „na kolene“. Jednotlivé časti sú jednoducho dostupné a výsledný korpus by bolo možné zhotoviť z polotovarov.



Obr. 4 - 1 Variantný návrh 1

### 4.1.2 Variantný návrh tela vŕtačky 2

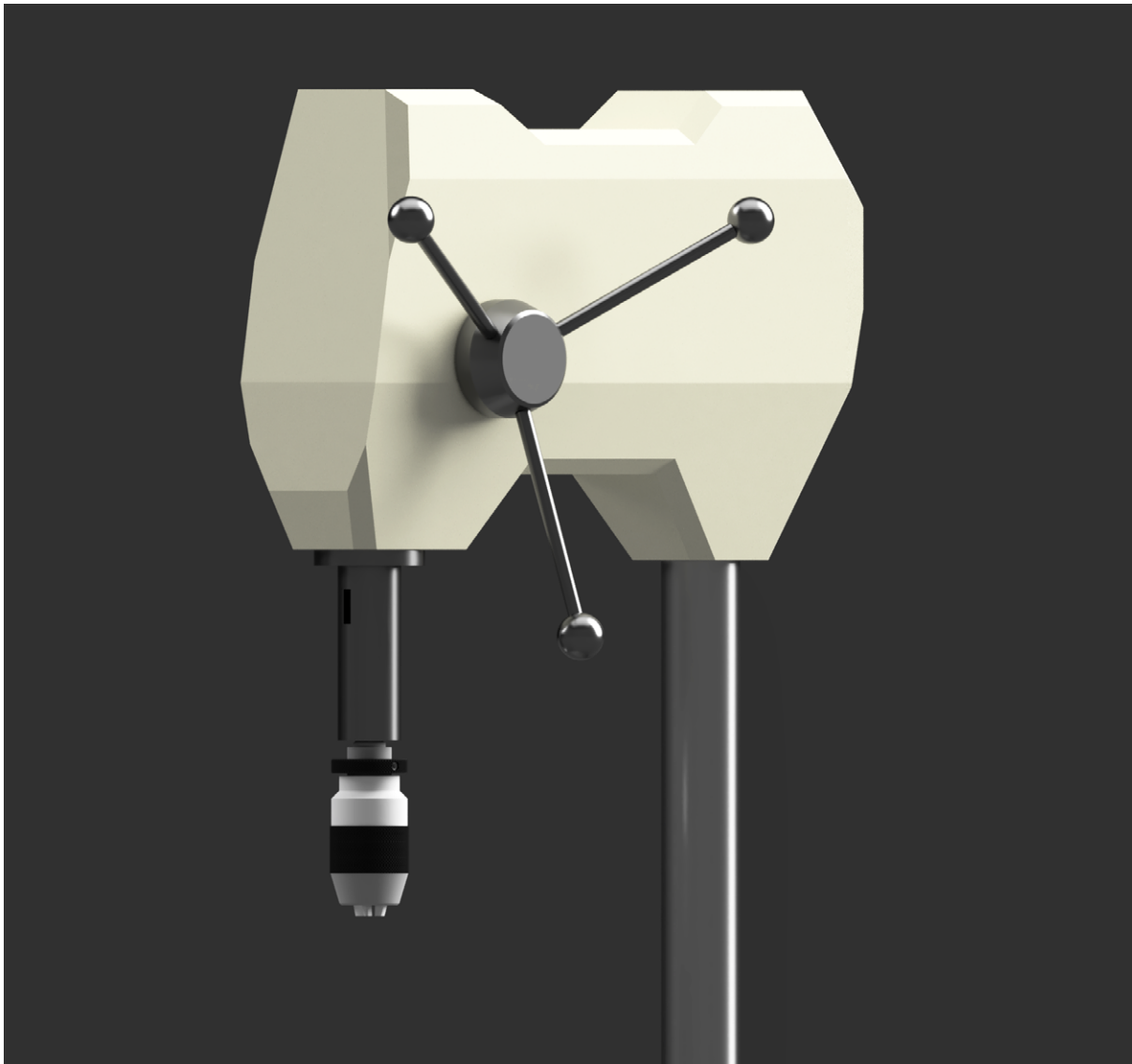
Variantný návrh s prístupom ako v prípade variantného návrhu č.1. Vonkajšia pozohýbaná plechová konštrukcia no vo vertikálnom smere, tvarovanie vrchnej časti pre zníženie hmotnosti ale aj pre tvarovú optimalizáciu a zosilnenie vo viac zaťažovaných miestach tela vŕtačky. Väčší priemer je pre vreteno uložené vpredu a vzadu je menší priemer na uchytenie k nosnému stĺpu. Priestor na elektrické ovládacie prvky je hlavne vpredu, zboku dostávajú priestor mechanické prvky.



Obr. 4 - 2 Variantný návrh 2

### 4.1.3 Variantný návrh tela vŕtačky 3

Variantný návrh pri ktorom bol kladený dôraz na efektívne rozloženie plôch. Zúženie v miestach, kde to je dovolené alebo nevyhnutné a naopak rozšírenie, kde je to potrebné umiestnenie technických častí. Tiež je dbané na telo zosilnené vo viac mechanicky zaťažovaných miestach. Tvar určený pre výrobu z liatej ocele alebo hliníka.



Obr. 4 - 3 Variantný návrh 3

#### 4.1.4 Variantný návrh tela vŕtačky 4

Myšlienково je kombináciou predchádzajúcich variantných návrhov. Vychádza z rotačného charakteru pohybu vretena vŕtačky. Vzadu je zúžený úchyt na stĺp. Vpredu výrazne vystúpenná plocha pre ovládacie prvky. Miesto pre vreteno a na stĺpe sú v tvare squircle - čo nie je ani kruh ani štvorec. Tvar je zložený z dvoch tvarovo aj materiálovo odlišných komponentov. Stredná časť na vreteno a motor je z liatiny alebo liateho hliníku a okolité plochy sú plastové určené na vedenie kabeláže.



Obr. 4 - 4 Variantný návrh 3

## 4.2 Variantné návrhy ramena posuvu

Rameno posuvného mechanizmu je z hľadiska ergonomie najdôležitejšia časť, keďže s touto časťou prichádza do styku ľudská ruka pri vŕtaní najčastejšie. Z hľadiska výroby je najvhodnejšie mať rameno vyrobené z tyče kruhového prierezu s guľou na konci. Z hľadiska ergonomie to však vhodné nie je, preto som sa nažil tento aspekt posunúť o čo možno najväčšie využitie potenciálu ramena. Prvým posunom z guľy na konci je sploštenie a predĺženie hmatovej časti v ruke, tak aby zapadla do dlane a aby sa prsty dotýkali hrán zhora.

Rameno je primárne zachytené v dvoch ergonomických pozíciách:

- a) Pozícia pri úchope z vrchu (pri úchope ramena a pri nájazde nad vŕtanú diery)
- b) Pozícia pri úchope zospodu (pri vŕtaní a dovŕtavaní diery)

Je dôležité odsledovať si obe dve polohy a prispôbiť ergonomiu tak aby prirodzený a príjemný úchop tvaru jednej polohy neznepríjemňoval úchop tvarov z polohy druhej.

### 4.2.1 Tvarová a ergonomická štúdia úchopu posuvu vretena

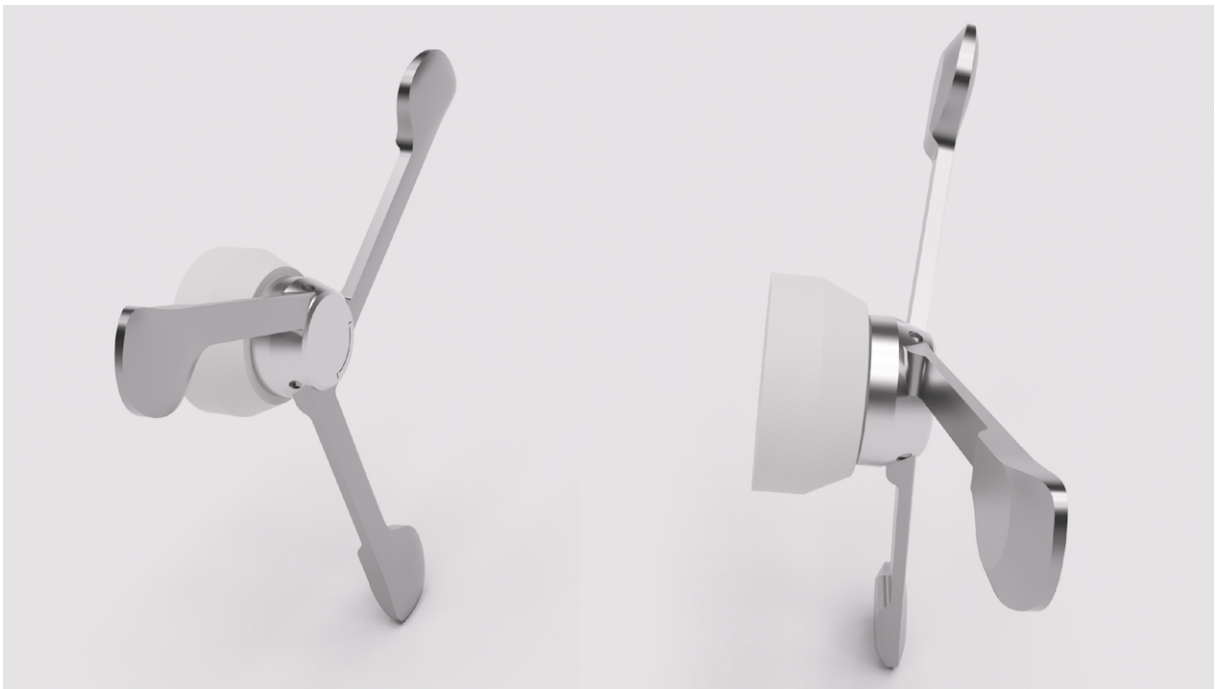


Obr. 4 - 5 Hlinené modely na overenie tvarového a ergonomického prevedenia

**1. Návrh** prvý krok od štandardne využívanej guľy - určený na získanie predstavy o hmotě a jej rozložení. Úchop a vypuknutie na miestach odvodených od ruky a prevedeným do tvaru tvorenými jednoduchými plochami. Snaha o objavenie podmienky pre pohodlný úchop v oboch polohách.

**3. Návrh** s objemovým a tvarovým vylepšením a odľahčením. Zameriava sa na väčšie a komplexnejšie tvarové plochy, cieľom bolo čo najviac redukovať hmotu no zachovať pohodlnosť úchopu. Rovnako bol kladený dôraz na prehĺbenie a overenie si základných požiadaviek na pohodlný úchop v oboch polohách.

**2. Návrh** prispôsobuje a zmenšuje svoj objem tak, aby sa držal dobre vo všetkých polohách úchopu a zároveň mal protišmykové tvarové prvky a pôsobil zaujímavým dojmom.



Obr. 4 - 6 Perspektívny pohľad na variantný návrh páky posuvu



Obr. 4 - 7 Variantný návrh páky posuvu po ergonomickej štúdii



## 5 TVAROVÉ RIEŠENIE

Pri návrhu som sa snažil spojiť estetické, ergonomické, elektronické a strojárske skúsenosti a požiadavky na moderne riadené stroje. Veľkosť bola určená z požiadavky veľkosti maximálneho obrobiteľného materiálu 300x300x300 mm a zohľadnená na výšku postavy - osoby ktorá vrtačku ovláda v stojí alebo v sede, podľa charakteru vykonávanej činnosti, a požadovanej presnosti.

### 5.1 Korpus

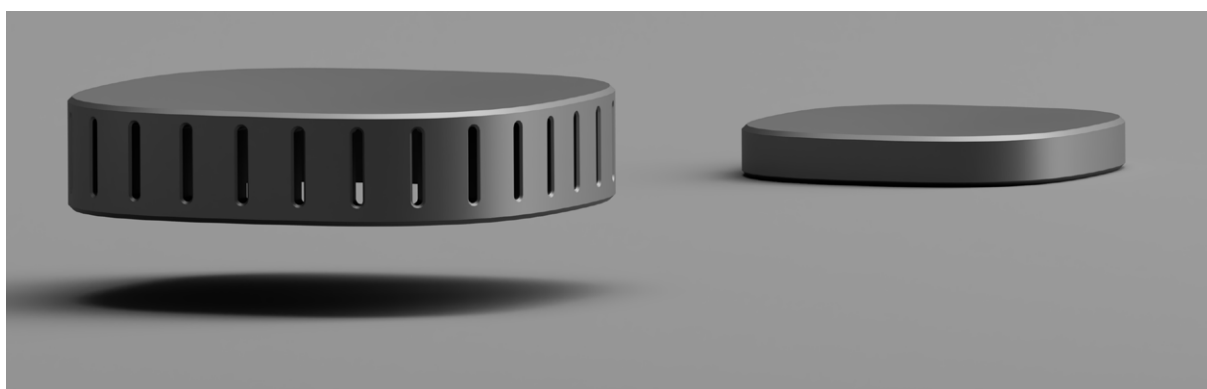
Výsledné tvarové riešenie má charakter čistého prevedenia, čoho dôsledok bol vo vytvorení čistých línií a plôch v rámci zjednodušenia výroby, údržby, zachovávania čistoty na pracovisku.

Telo je rozdelené do troch častí - na vrchlíky, masívne nosné telo a plastový kryt pre elektronické prvky.

#### 5.1.1 Vrchlík

Vrchlík vretenovej oblasti a oblasti pre stĺp je osadený odnímateľným krytom s perforáciou na nasávanie vzduchu chladenia vretena, motoru a kompresora. Na upevnenie je iba položený s tesnením pre redukciu vibrácií, tak aby ho bolo možné jednoducho odnímať a prístup k jednoduchému rozmontovaniu zariadenia z vrchnej časti a tiež prístup ku vretenu a nosného stĺpu vrtačky.

Perforácia je vytvorená formou drážok so skosenou hranou. Jeho tvar nie je ani kruh ani štvorec (squircle) čoho výhodou je, že okolo kruhového vretena vznikne priestor pre chladenie alebo technické veci ale z vonkajšej strany vreteno nebude mať ostré hrany čo je predurčenie na výrobu odlievaním, a tiež pôsobí tvarovo veľmi zaujímavo. Z vrchnej časti je vrchlík konvexne prehnutý, nie je to iba estetický prvok ale je to aj aby na vrchlíky neboli brané ako odkladací priestor pre rôzne predmety ktoré by mohli pri práci spadnúť a spôsobiť nehodu.



Obr. 5 - 1 Pohľad na vrchlík vretena a stĺpu

Z dôvodu dobrej tepelnej vodivosti, obrobiteľnosti, ľahkosti ale aj vizuálnej zaujímavosti je navrhovaný materiál matný povrchovo upravený hliník.

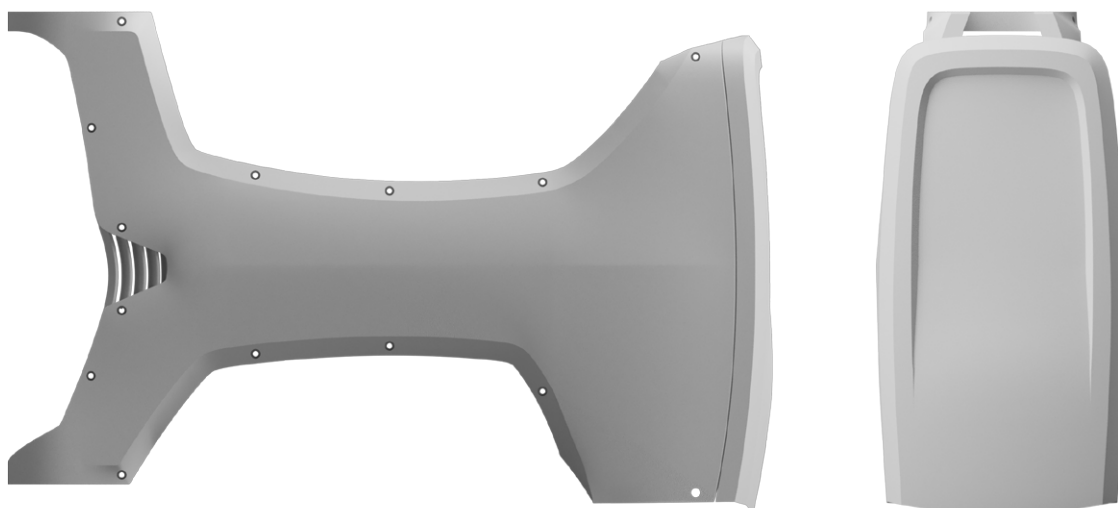
### 5.1.2 Masívne telo

Tvar vrchlíku sa nesie celým masívnym telom a tieto dve časti sú prepojené elipsovým mostom. Masívne telo zabezpečuje hlavne funkciu pevnostnú, sú v ňom uložené všetky namáhané diely a jeho tvar vychádza z týchto požiadaviek. Telo je rozdelené deliacou rovinou a je symetrické so spevňujúcimi oblými tvarmi.



Obr. 5 - 2 Masívne telo vŕtačky

### 5.1.3 Plastové krytovanie



Obr. 5 - 3 Predný a bočný pohľad na plastový kryt

Plastové krytovanie pozostáva s elegantných kriviek a dodáva a pozdvihuje dynamiku strohému a jednoduchému funkčnému masívnemu telu. Jeho tvar je vo väčšej miere určený potrebou umiestnenia a vedenia elektrických ovládacích prvkov. Následne bol navrhnutý

ako výrazový prvok celej vrtačky. Jeho prednosti sú hlavne v tom, že uľahčujú výrobu masívneho tela ktoré má možnosť mať jednoduché a čisté tvary, a môže byť rovnaké v prípadných viacerých produktových radách. Plastový diel môže obsahovať rôzne funkčné obmeny. Tiež znižuje nároky na výrobu plôch v okolí dier, keďže prípadné nedokonalosti tento diel ukryje. V prípade použitia tela z Liatej ocele zasa znižuje nároky na vedenie kabeláže a chladiacich kvapalín vo vnútri vrtačky, a tak môžu byť kvapaliny a elektrika vedená takmer priamo k jednotlivým funkčným častiam mimo tela vrtačky.

Celkovo sa postranný plastový kryt skladá z po okraji šrobovej lemovacej časti so skosením, ktoré vytvára prepojenie medzi plastovým krytom a pevným telom. Tiež tu je priestor pre umiestnenie zapustených šróbov, ktoré kopírujú celú plochu a sú rovnomerne rozmiestnené. Nie je ich zasa príliš veľa aby sa dal kryt jednoducho zmontovať. V zadnej časti sú v hornej a spodnej časti dva lemy ktoré vizuálne spájajú ľavú a pravú časť a dajú sa použiť na ukrytie spojovacieho šróbu tuhej časti tela.



Obr. 5 - 4 Perspektívny pohľad na plastový kryt

V strede je umiestnené rebrovanie pre nasávanie alebo odsávanie chladiaceho vzduchu z priestoru tuhého tela v prípade použitia chladenia vzduchom. Tieto rebrá sú súčasťou plastového krytu pričom do tuhého tela postačuje urobiť oválnu dieru, alebo dieru ktorá bude mať iba jednoduchý tvar a plastový kryt túto dieru ukryje.

### 5.1.4 Časť pre Riadiaci panel

Je súčasťou plastového krytu, vďaka ktorému môže byť výraz riadiacej jednotky tvarovo zaujímavejší a rozmanitejší. Poskytuje určitú mieru slobody ktorá bola využitá. Riadiaca jednotka je z východzej plochy z východzieho variantného návrhu zapustená. Čo slúži čiastočne na odstránenie oslnenia od slnka dopadajúceho z boku. Toto slnko rozsvieti všetky prachové častice padnuté na rovinu displeja a prekáža tak v jasnom výhľade. Hlavne v prípade, keď je vrtačka umiestnená blízko pri okne.

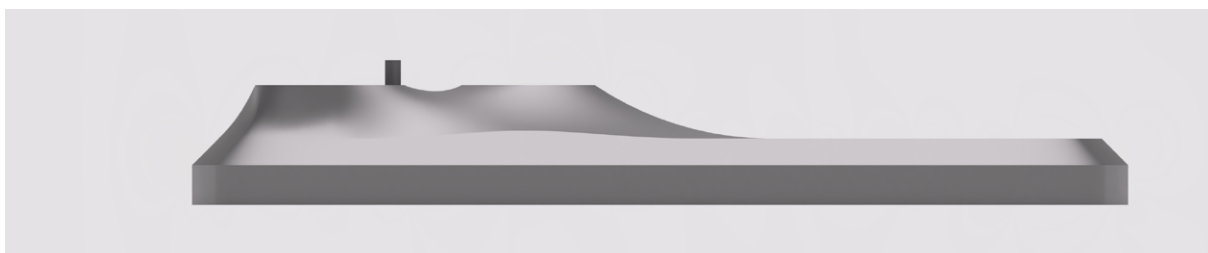
Plastová časť riadiaceho panelu je z vonkajšej strany bez prichytovacích šrobov a odníma sa až po odňatí postranných krytov čo dáva zmysel pri prípadnej poruche elektroniky, kedy je nevyhnutné najskôr skontrolovať funkčnosť, prípadne výmenu snímačov, a neskôr prístup k kontrole elektroniky riadiaceho panela.

### 5.1.5 Podstavec

Podstavec sa nesie v minimalistickom designe, kopíruje vonkajší tvar vrtačky pri pohľade spredu, obsahuje otvor s drážkou pre uchytenie nosného stĺpu. V zadnej časti sa nachádza priestor na skladovanie reznej kvapaliny. Z vrchnej strany sú umiestnené 4 otvory pre uchytenie na stôl. Zo spodnej časti sa nachádzajú ešte dodatočné dva, na úrovni nosného stĺpu. V zadnej strane je otvor pre šrób na upevnenie stĺpu. Tiež sa tu nachádza priestor pre prírodný kábel, ktorý je ďalej vedený cez vnútro tyče. V prednej časti sa nachádza rovná plocha pre umiestnenie zveráka alebo iného príslušenstva. Celkovo je tvar s čistých plôch pre zachovanie maximálnej čistoty prevedenia. Pomocou jemných prechodov, zároveň sa tak zabezpečuje spevnenie než pri použití rovných plôch.



Obr. 5 - 5 Pohľad z vrchu na podstavec



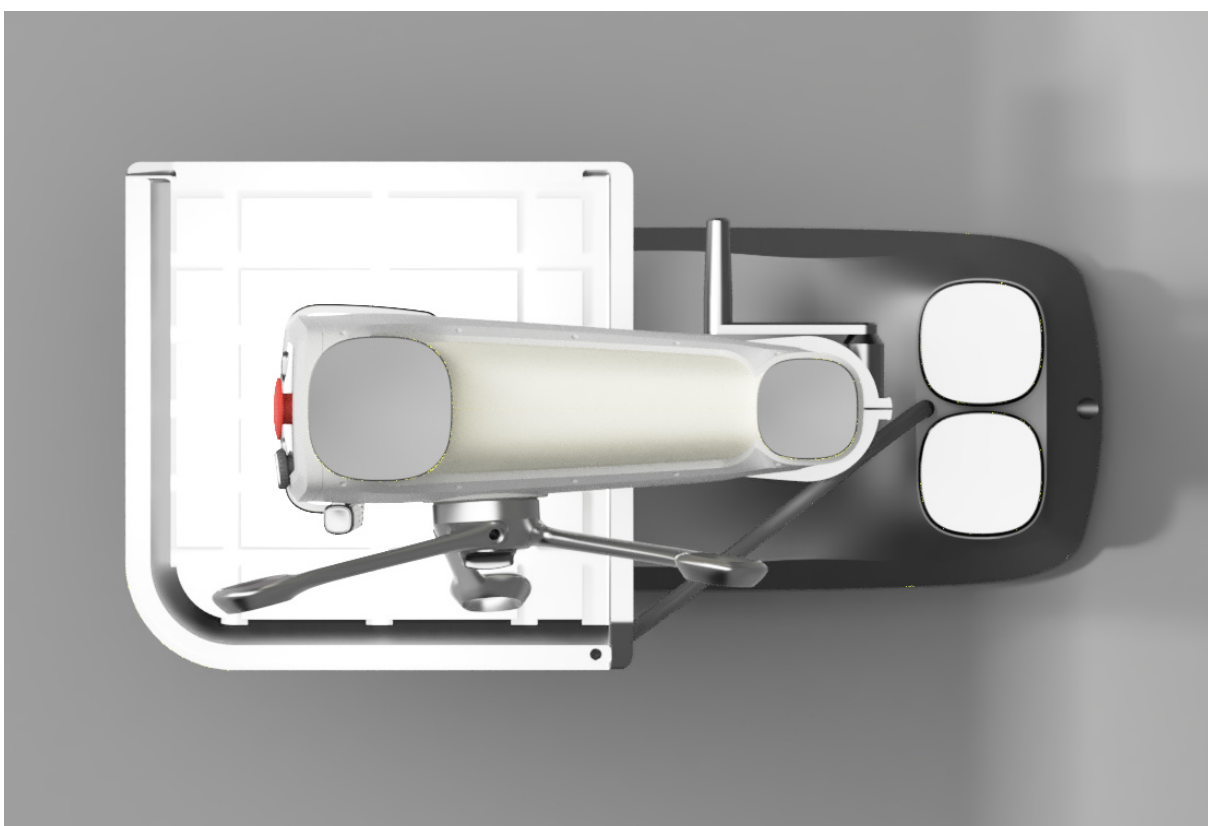
Obr. 5 - 6 Pohľad z boku



Obr. 5 - 7 Perspektívny pohľad na podstavec

Skrutky boli určené s valcovou hlavou s imbusom pre zachovanie maximálnej čistoty prevedenia. Nie sú zapustené a trčia do priestoru z dôvodu jednoduchšej kontroly pevnosti utiahnutia, ale aj jednoduchosti čistenia. Zapustené skrutky síce nezasahujú do priestoru, ale v ich okolí sa vytvára priestor na zatekanie oleja, prachu, špôn a rôznych iných nečistôt. V prípade potreby rovného povrchu je v dierach vyrezaný závit, čo umožňuje uchytenie stola zo spodnej strany.

#### 5.1.6 Výsledné tvarové riešenie



Obr. 5 - 8 Výsledné tvarové riešenie - pohľad zhora

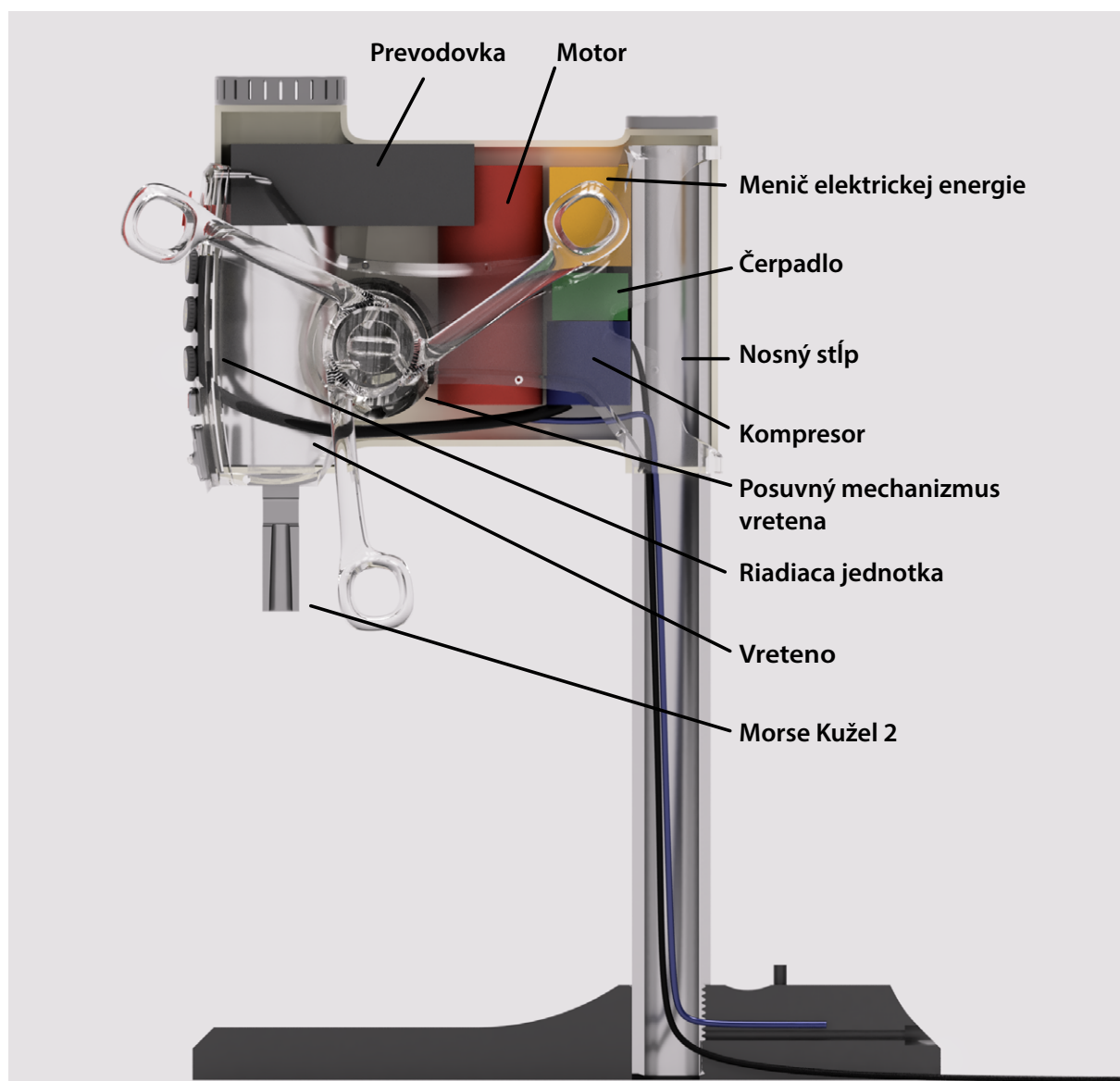


Obr. 5 - 9 Výsledné tvarové riešenie v ortografickom pohľade

## 6 KONŠTRUKČNÉ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE

### 6.1 Technické parametre a veľkosť

Táto práca sa venuje designu vŕtačky a nezakladá sa na jej vlastných presných technických a konštrukčných výpočtoch. Hodnoty a rozmery jednotlivých komponentov boli určené na základe rešeršného preštudovania bakalárskych prác venujúcim sa konštrukcií stolových vŕtačiek z ústavu konštruovania. Hodnoty z týchto bakalárskych prác boli aproximované a použité pre určenie základných rozmerových parametrov v mojej bakalárskej práci. [17]



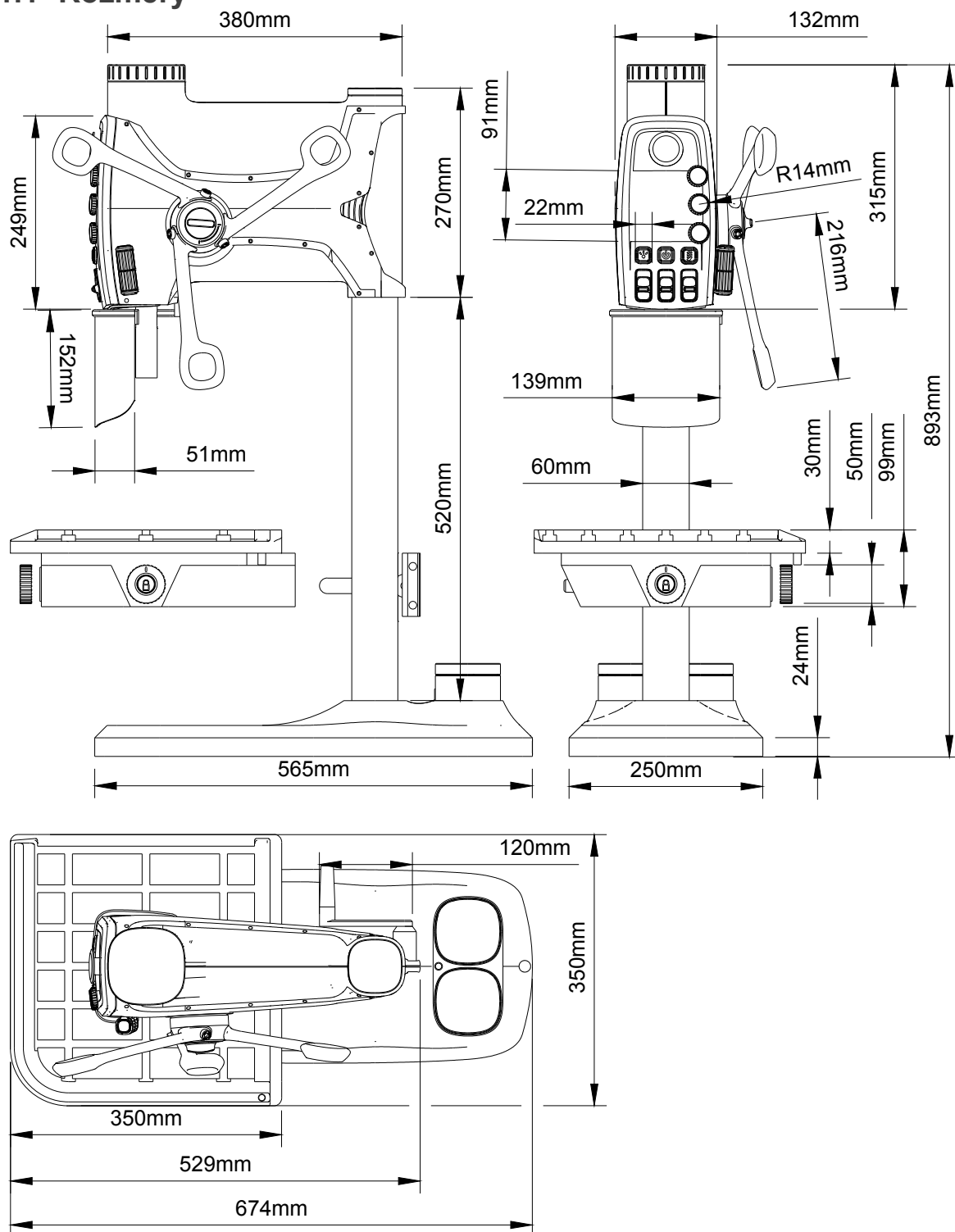
Obr. 6 - 1 Schematické vnútorné usporiadanie

Telo Vŕtačky je navrhnuté tak aby doňho vošiel bezkartáčový elektromotor ktorý je omnoho ľahší, efektívnejší, tichší, má vyrovnanejší chod a je možné presne nastaviť jeho otáčky už v jeho základnom zapojení pomocou jeho vlastného ovládača ktorý je nevyhnutný pre jeho samotný chod. Druhou možnosťou je použitie motora priamo na vretene a ovládanie pomo-



cou frekvenčného meniča. Preto odpadla nutnosť umiestňovať motor do priestoru za vrtačkou a môže byť umiestnený kdekoľvek v rámci vnútorného priestoru vrtačky. Jeho výkon je potom prenášaný pomocou prevodovky (v tomto prípade je predpoklad použitia variátora) priamo na vreteno. Čo umožňuje zúžiť priestor pre motor, ale zároveň vyžaduje viac priestoru na prevodovku, no nemusí byť umiestnená na vrchu vrtačky ale môže byť efektívnejšie rozmiestnená v priestore preto je telo tvarované v drieku užšie a na oboch stranách rozšírené kvôli zväčšeniu efektívneho zdvihu vretena, a pri stĺpe pre obmedzenie namáhania na ohyb.

### 6.1.1 Rozmery



Obr. 6 - 2 Základné rozmery jednotlivých komponentov



## 6.1.2 Materiály

Navrhované materiály sú určené odhadom, na základe rešerše dostupných zariadení na trhu.

Materiál pre podstavec som zvolil odliatok z šedej liatiny, poskytuje dostatočnú tuhosť a váhu na to aby bol na spodnej časti, musela by však byť do výraznej miery opracovaný, čo by sa dalo vyriešiť kombináciou vonkajší plast-vnútornej liatina.

Pre vrchnú časť pracovného stola s T-drážkami je určená výroba z ocele. Nosný kríž môže byť odliaty z hliníkovej zliatiny. Nosný stĺp by mal byť z koróziovzdornej ocele.

Pre tuhú časť tela je nevyhnutné použiť materiál s veľmi dobrou tuhosťou. Zároveň treba dbať ohľad na vznik vibrácií a vlastnú frekvenciu materiálu. Preto bola pre materiál určená hliníková zliatina (váha korpusu tela cca 3kg), alebo šedá liatina (váha cca 11kg). Vonkajší kryt je z plastu. Vlastnosťami a prostredím by najviac vyhovoval ABS, PET, alebo Polykarbonát.

## 6.1.3 Vreteno a jeho nastavenie

Vreteno je vo svojej podstate hriadel s upínacou stopkou ktorý je hnaný cez prevodovku na motor. Hriadel musí byť opatrený mechanizmom na posuv a drážkovanou spojku, ktorá zabezpečuje prenos krútiaceho momentu z motora aj prípade keď sa vreteno vrtáčky vysúva v axiálnom smere. V mojom designe je použité vreteno s Morse kuželom 2 ktoré poskytuje najväčšiu voľnosť v upínaní a neobsahuje žiadne mechanické časti.

Na obmedzenie hĺbky rezu sa štandardne používa manuálna matica zabezpečujúca doraz na výsuv vretena. Nastavovať tento mechanizmus, ktorý sa používa hlavne na zabezpečenie istej opakovateľnosti hĺbky diery je veľmi zdĺhavé a nepresné a má zmysel iba pri výrobe väčšieho počtu dier. Preto bol nahradený dvoma voličmi hĺbky rezu a dvoma tlačidlami. Jeden volič slúži na hrubé nastavenie v jednotkách milimetrov s krokom 2mm. Druhý volič na jemné doladenie  $\pm 2\text{mm}$  s krokom 0.01mm (presnosť je obmedzená presnosťou kapacitného snímača). Vrchné tlačidlo slúži na určenie nulového bodu podľa aktuálnej polohy vretena, alebo pri dlhom podržaní na reset nulového bodu do výrobného nastavenia. Stlačením tlačidla zospodu a dlhým podržaním sa mení nastavenie odmeriavanie nulového bodu buď z úrovne stola, alebo z východzej úrovne výšky vretena. Poloha sa vždy zobrazí na stavovom displeji kde sa zobrazuje aj nastavené maximum, nastavené jednotlivými voličmi. O celé mechanické nastavenie odmeriavanie sa stará rýchly servomotor, ktorý je schopný nastaviť svoju polohu s vysokou presnosťou a spoľahlivosťou. Odmeriavanie vzdialenosti aktuálnej polohy hĺbky a kalibrácia je zabezpečená pomocou laserového odmeriavanie vzdialenosti, alebo posuvného enkodéra používaného tiež v elektrických posuvných meradlách. Kontrolovaná je jak poloha vretena interne vo vrtáčke, tak je odmeriavaná aj poloha pracovnej dosky pomocou referenčného bodu na pracovnom stole.



Obr. 6 - 3 Elektrický mechanizmus na nastavenie hĺbky vŕtania a nulového bodu.

Spustenie automatického posuvu je ovládané tretím z posuvných voličov dlhým podržaním stredného tlačidla. Na základe nastavenia z otočného enkodéra. Po stlačení sa spustí posuv synchronizovaný s otáčkami vretena na základe nastavených parametrov, ktorý ide až do nastaveného maxima, a potom sa uvoľní a pomaly vystúpi do východzej polohy.

#### 6.1.4 Páka vertikálneho posuvu vretena

Ergonómií posuvu bola venovaná najväčšia pozornosť pri tvorbe návrhu, pretože hneď po riadiacom paneli je najvýznamnejšou časťou spojená človek-stroj. Je tvarovaná tak, aby padla do ruky pri úchope z vrchu aj pri úchope zospodu. Dlho som rozmýšľal, ako funkciu rúčky posunúť ešte omnoho ďalej, ako býva u komerčných strojoch zvykom. Po vykonaní skúšok na štandardnej páke s guľou na konci som zistil, že najväčší problém pri vŕtaní jednou rukou je nemožnosť prechytávať rúčku pri nastavení stola na väčšiu výšku ako je nevyhnutné pre vŕtanie a otočenie páky iba na pol otáčky kedy je úchop ešte stále pohodlný. Prišiel som s riešením tohoto problému. V rúčke bude diera, ktorá umožní takmer plynule otáčanie páky okolo osy a to dokonca niekoľko krát. Pokiaľ páka nepresiahne dĺžku predlaktia tak človek obsluhujúci vŕtačku vôbec nemusí zmeniť svoju polohu voči vŕtačke, a posúvať vreteno aj o niekoľko otáčok ramenom, a mať nad pohybom naozaj plnú kontrolu v oboch smeroch.



Obr. 6 - 4 Čelný pohľad na páku posuvu vretena

Po vyriešení tohoto problému som rozmýšľal, ako ďalej by sa táto vlastnosť dala využiť, a keďže má teraz obsluha nad vretenom plnú kontrolu v oboch smeroch, napadlo ma čo ak by sa pomocou páky dali ručne rezať závit. Pri ručnom rezaní závitov totižto človek tak či tak používa skľučovadlo, a nejakú páku potrebnú k narušeniu materiálu. Preto som do páky zakomponoval otočný volič, ktorý slúži na zmenu prevodu na vreteno a odpojí hnací motor. Keďže je všetko riadené elektronicky, tak sa dá jednoducho zamedziť spusteniu motora. Prevod na vreteno pozostáva v odpojení hnania motora a hnacou silou vretena začne byť ruka človeka. Vreteno sa pripojí na automatický prevod posuvu, ako by tomu bolo, keby zvolím posuv pri vŕtaní. Získame tak posuv vretena aj jeho synchronizované otáčanie, zostáva už iba upnúť rezač nástroj, a začať rezať diery.

Páka má kompletne organický tvar okrem úchytu k hriadieli na konci a všetky hrany sú oblé aby nedochádzalo k otláčeninám alebo popáleninám vzniknutých z trenia pri vyššom pracovnom nasadení obsluhy.

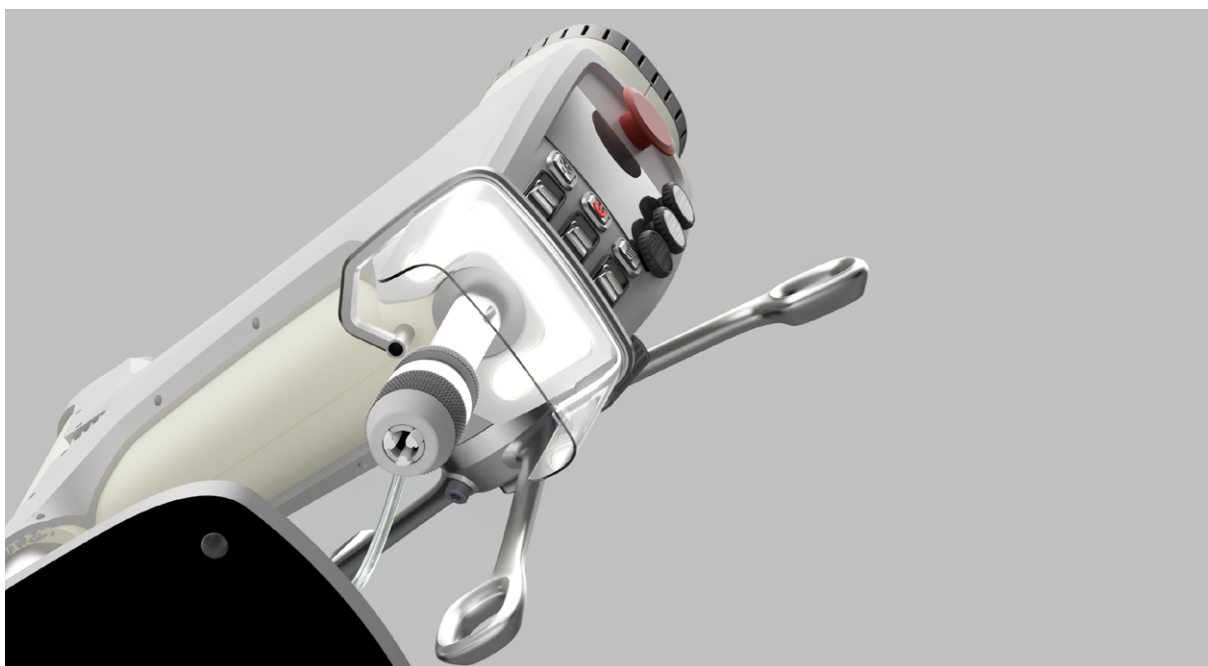
## Osvetlenie pracovného priestoru

Keďže dostatočné osvetlenie pri práci zvyšuje bezpečnosť aj presnosť vykonávaných operácií, je v prednej časti tela integrované osvetlenie pracovného stola aj širšieho okolia vŕtačky.



Obr. 6 - 5 Podhľad, demonštrácia svetelnej plochy pri zhasnutom okolitom svetle.

Svetelný zdroj je umiestnený na vonkajšom okraji tela vŕtačky nad vretenom tak aby jeho lúče pokrývali čo najväčšiu možnú plochu pod vretenom. Je vytvarovaný do oblúka, čo zabezpečuje optimálne osvetlenie aj v prípade práce a tienení oboma rukami. Mäkké difúzne svetlo zabezpečí že aj zatienené oblasti budú dobre osvetlené



Obr. 6 - 6 Tvar osvetľovacieho prvku pri dennom svetle



Obr. 6 - 7 Svetlo emitované z lampy na vrtačke

Keďže sa svetlo láme pod uhlom pod ktorým dopadá, bola poloha svetla zvolená priamo nad vreteno smerom bližšie k používateľovi, vďaka čomu sa lúče odrážajú priamo hore alebo v smere od používateľa. Keby bolo svetlo umiestnené pri stĺpe, lúče by sa z kovových častí odrážali takmer priamo oproti používateľovi čo by malo za následok osľňovanie.



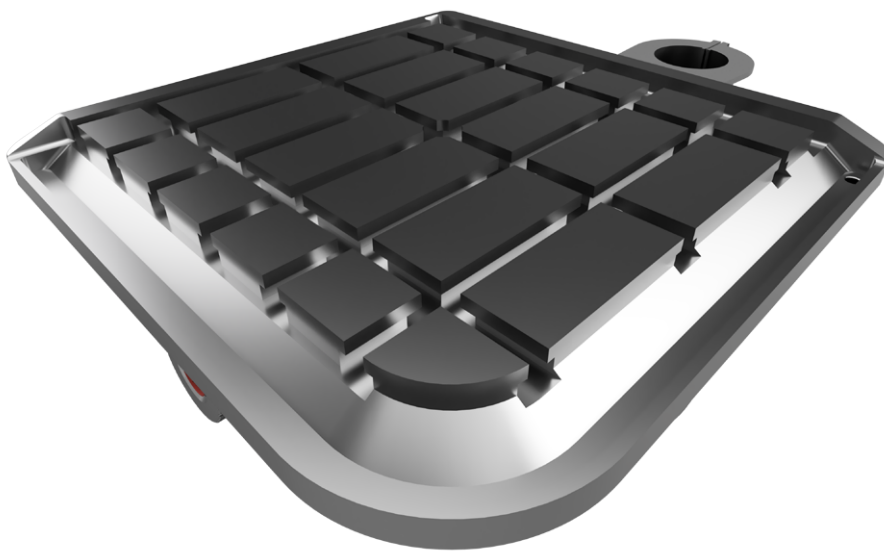
### 6.1.5 Stĺp

Stĺp vŕtačky je použitý pomerne štandardný. Zo zadnej strany však obsahuje drážku pre aretáciu upínacieho pracovného stola. Táto drážka zabraňuje otáčaniu okolo osy a zamedzuje tak rozvrtaniu pracovného stola. Čo je častá príčina narušenia rovnosti stola. V tejto drážke je vložený alebo prelisovaný hrebeň pre posuv pracovného stola. Hrebeň by mohol byť umiestnený aj mimo drážky a na jej funkciu by nemal žiaden vplyv.



Obr. 6 - 8 Stĺpu a uchytenie pracovného stola

### 6.1.6 Pracovný Stôl



Obr. 6 - 9 Pohľad perspektívny na pracovný stôl

Pracovný stôl je priestranný obstaraný s dostatočným počtom T-drážok veľkosti 10mm. Drážky zabezpečujú jednoduché uchopenie obrábanej časti proti uvoľneniu. Umožňuje tiež uchytenie vodiacich líšt a dorazov v prípade vŕtania dier, ktoré sú umiestnené v sérií. Drážky sú umiestnené v štandardnom rozstupe 55mm.

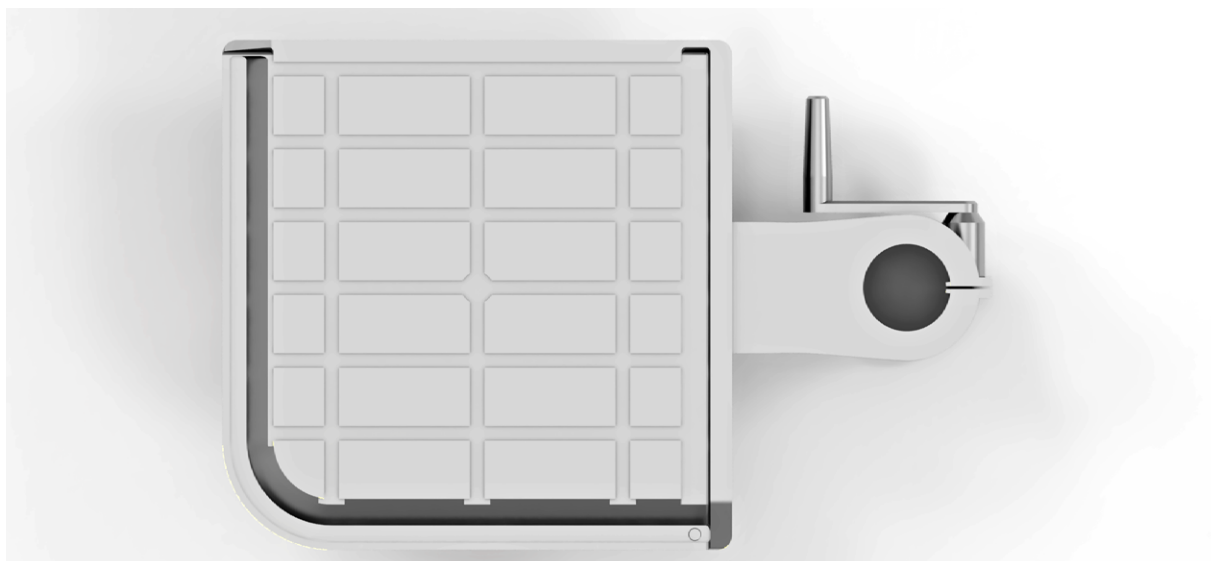
V strede pracovného stola sa nachádza vymedzujúci otvor zabezpečujúci výbeh pre vŕtací nástroj a v prípade rezania závitov zabezpečuje presah pre rezný nástroj pod úroveň nulového bodu pracovného stola.

Pracovný stôl je možno nastaviť výškovo, jeho polohu odmeriava laser. V dôsledku otáčania pracovného stola bežne dochádza k prevrtaniu stola a v krajných prípadoch aj k jeho úplné-

mu zničeniu alebo zníženiu presnosti v dôsledku diery vzniknutých na jeho povrchu. Preto je otáčanie okolo osi stĺpu zamedzené pevným prelisom. Zabezpečená je iba vôľa na aretáciu a obmedzenie prípadných výrobných nepresností, a to v rozsahu max  $\pm 2^\circ$  okolo osy stĺpu, tak aby sa maximálny priemer vrtáku 16 pri maximálnej výchylke  $2^\circ$  bol stále v rámci otvoru a nenarušil povrch stola. Keby k tomu omylom došlo v prípade umiestnenia iného nástroja ako vrták (postupný vrták, ohraňovač a iné) aby bolo touto nehodou ovplyvnené iba blízke okolie predvrtanej diery ktoré nenaruší presnosť stola. Pre vrtanie mäkkých alebo pružných materiálov je určená podložka ktorá zaplní aretačný otvor v strede a umožní tak vrtanie aj mäkkých materiálov a tenkých plechov ktoré by sa na danom priemere mohli prehnúť. Druhou alternatívou pre vrtanie takýchto materiálov je vždy odporúčané používanie zveráku.

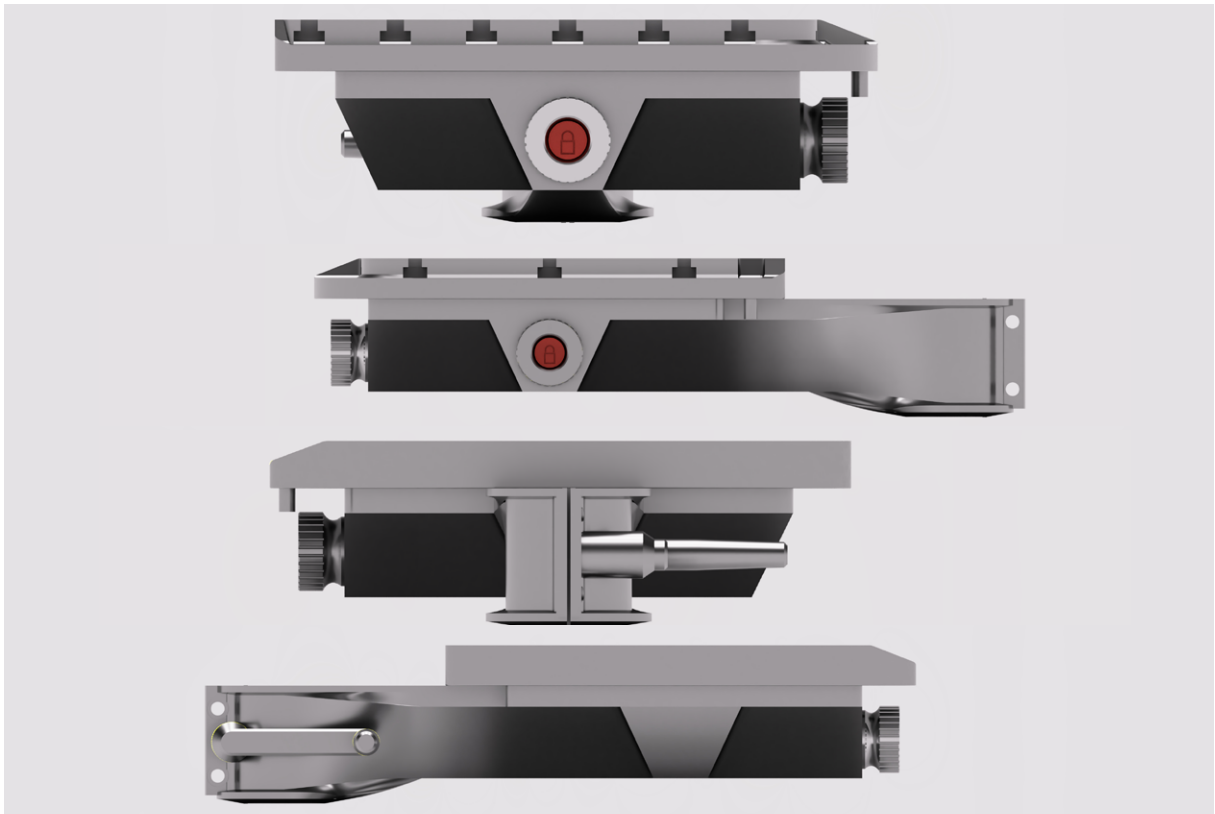
Pracovný stôl je obstaraný dvoma kolieskami so zámkom po stranách. Kolieska sú určené na posuv stolu v osiach x a y a sú vyslovene mechanické. Na posuv sú použité šnekové súkolia ktoré zabezpečujú vysokú odolnosť a presnosť posuvu. Posuv nie je určený na posuv v zmysle frézovania alebo obrábaniu materiálu. Posuv je určený na pomerne presné zostavenie polohy stredu diery voči osi otáčania vretena vrtačky. Bežne sa obrobok upne do zveráku a potom sa nastaví poloha osy diery, čo buď dopadne tak že sa obrobok posunie, alebo sa posunie vrták do strediacieho dĺžku, a vzniká diera ktorá nie je úplne presná. V prípade jemného posuvu sa obrobok upne do zveráku alebo na stôl s presnosťou  $\pm 5$  mm v oboch osiach, a následne sa pomocou otočných koliesok vystredenia na os pomocou laserového zameriavania alebo v prípade už existujúcej diery pomocou mechanického alebo laserového vyhľadávača hrán.

Pracovný stôl plní hlavne funkčnú ako tvarovú úlohu, jeho okraje sú navrhnuté tak, aby bolo možné jednoducho čistiť T drážky od napadaných špôn. Preto je celý povrch v rámci drážok v jednej rovine, a okolo celého drážkovania je vanička ktorá slúži na zachytávanie špôn. Na konci vaničky je odtok reznej kvapaliny ktorý je zvedený do zadnej časti podstavca vrtačky. Vanička je od T-drážok tvarovaná v tupom uhle pre plynulý prechod čistiaceho nástroja ktorý by v prípade hrany odprskával špony do priestoru mimo vaňu. Vonkajšia strana vaničky je taktiež s miernym úkosom, aby sa obmedzili ostré hrany a ťažko dostupné miesta kde sa môžu časom začať zdržiavať nečistoty.



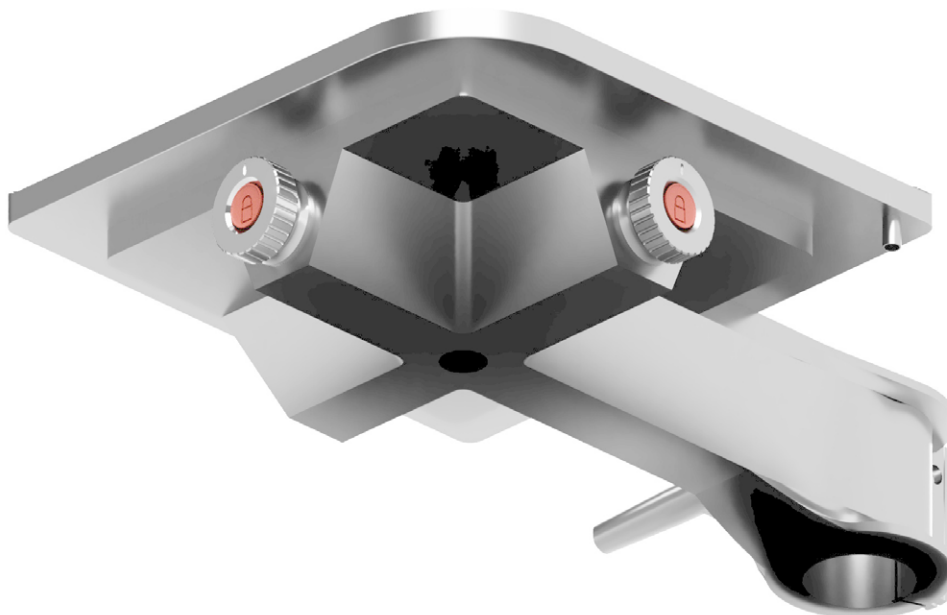
Obr. 6 - 10 Pohľad na pracovný stôl z vrchu

Zo zadnej strany stola je umiestnený úchyt na stĺp s pákou pre výškové nastavenie a dvoma skrutkami pre zaistenie polohy pracovného stola.



Obr. 6 - 11 Pohľad na pracovný stôl (odvrchu) spredu, sprava, zo zadu a zľava

Z ľavej strany sa nachádza páka slúžiaca na zdvih pracovného stola, je navrhnutá z hranola so skosenými hranami.



Obr. 6 - 12 Pohľad na pracovný stôl zospodu

Zospodu stola sa nachádza kríž zabezpečujúci dostatočnú tuhosť stola. Kríž má skosené hrany pre zníženie objemu materiálu a zvýšenie tuhosti. V strede kríža je predvrtaná diera, ktorá slúži ako poistná diera, v prípade, že by bol prevrtaný skrz stôl s T-drážkami, aby nedošlo k poškodeniu aj nosného kríža.



### 6.1.7 Nádoby na rezné kvapaliny



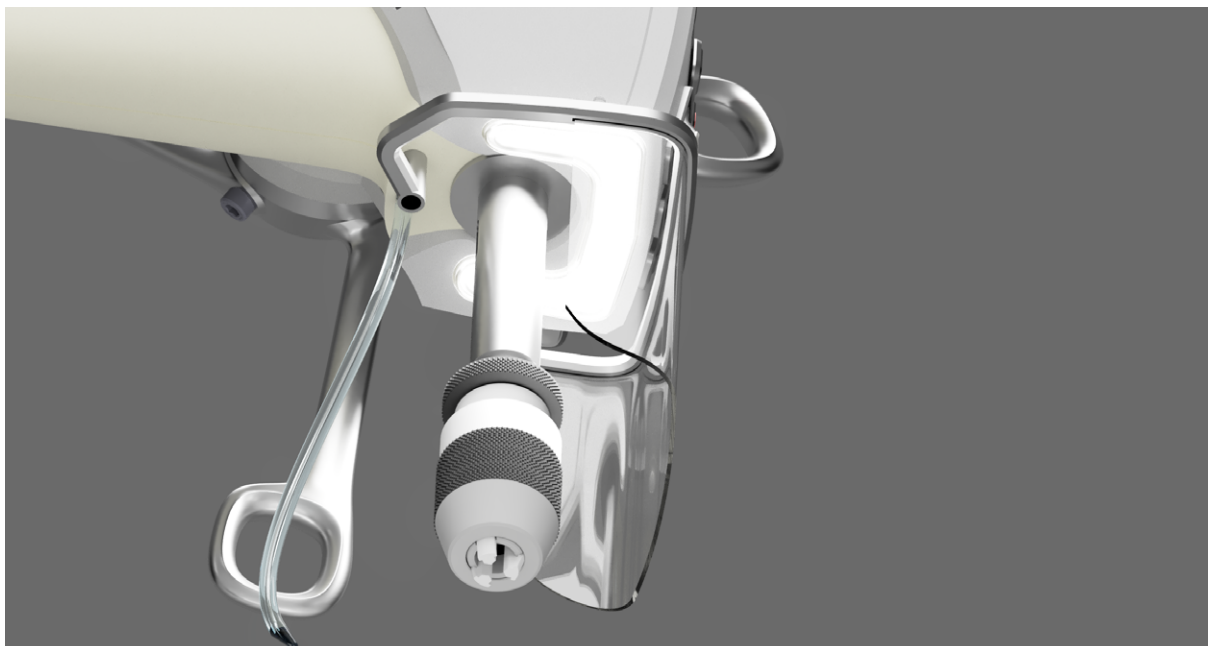
Obr. 6 - 13 Pohľad na nerezové nádoby

V zadnej časti podstavca je umiestnený priestor pre nádrže s reznou kvapalinou. V časti vretena je umiestnený vývod na upevnenie pevných alebo flexibilných trysiek, ktoré slúžia na ofuk nástroja vzduchom z kompresora, alebo stlačeným plynom. Jedna nádoba je určená na uskladnenie rezného oleja. Druhá nádoba je na použitý olej, ktorý sa dá recyklovať no obsahuje nečistoty ktoré musia byť usadené alebo odfiltrované, inak by mohli zaniest vedenie oleja. Nádoby sú nerezové a sú odnímateľné prostredníctvom bajonetového spojenia. V menu vrtačky je možné vybrať 3 režimy - kvapalina, vzduch a bez chladenia. Chladenie má veľmi dôležitý vplyv pri zohľadnení životnosti nástroja ale aj kvality povrchu výslednej vrtanej diery.



Obr. 6 - 14 Nerezové nádoby na reznú kvapalinu

### 6.1.8 Príslušenstvo - Bezpečnostný kryt



Obr. 6 - 15 Pohľad zboku na bezpečnostný kryt

Kryt je pripevnený otočným mechanizmom pripevneným o telo vŕtačky a dá sa vytiahnuť. Vrchná časť kopíruje východzí tvar vŕtačky ku ktorému je pripevnené ohýbané plexisklo. Ochranný kryt bol navrhnutý tak, aby bol čo najmenší a jeho funkčná sklenená plocha bola čo najväčšia, zároveň sa dá jednoducho odnímať.

### 6.1.9 Príslušenstvo - Stojan na základné vŕtáky a príslušenstvo

Dôležitou súčasťou vŕtačky sú jej nástroje ktorých je hneď niekoľko druhov. Ako doplnok som vytvoril stojan na tie základné používané v jednoduchých dielnach.



Obr. 6 - 16 Stojan na vŕtáky

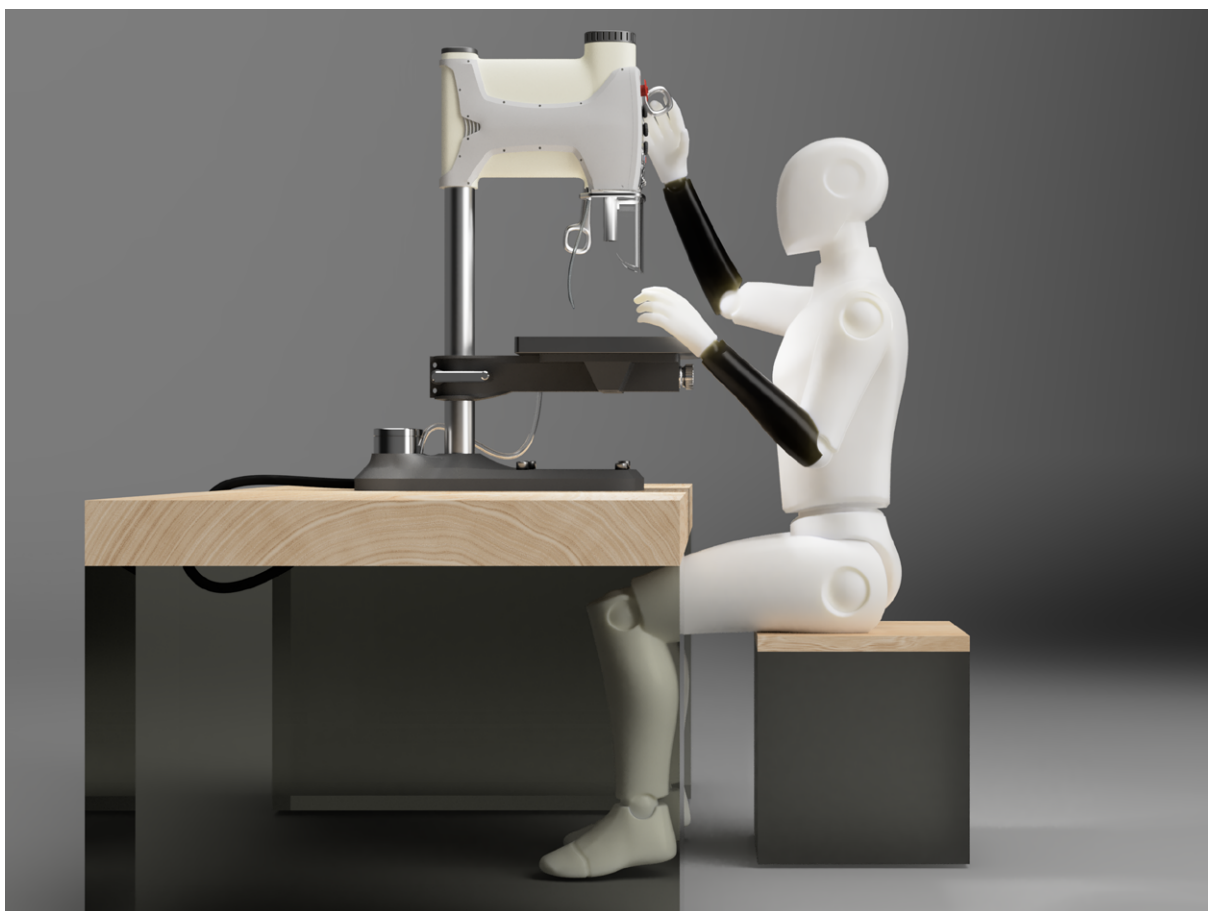
Stojan bol tak vytvorený priestor na posuvné meradlo, rysovacie ihly, jamkáre, ceruzky, fixky, stupňovité vrtáky a záhlbníky v ľavej strane. Na vrchu je praktický úchyt na prenášanie. Zbytok tela slúži na skladovanie vrtákov na zošikmených rovinách. Vložený vrták sa vďaka tomu zošmykne do najnižšieho bodu a zarovná medzi ostatné. Medzi dorazom na vrtáky a plochou na pokladanie je 2mm medzera určená na prepádávanie prachu, oleja a iných nečistôt. Časť na vrtáky je rozdelená do dvoch úrovní. Na vrchu sa nachádzajú ľahké vrtáky od veľkosti 3mm do veľkosti 8mm. V spodnej časti sa nachádzajú vrtáky ťažšie od 8,5 do 16mm. Vrtáky sú zarovnané vďaka chlievikom do ktorých sú vkladané podľa veľkosti, a z prednej časti prehľadne označené. Veľkosť sa dá zmerať pomocou vodiacich - vymeriavacích tyčí spredu každej úrovne. Svoju funkčnosť najviac naplní v prípade, že vlastníme viac ako 7 vrtákov z každej veľkosti. Výrazne prispieva k usporiadaniu a poriadku na pracovnom stole. Zaradenie vrtáku na správnu veľkosť trvá iba niekoľko sekúnd. Po vybratí vrtáka zo stojana je nevyhnutné jeho požadovaný priemer overiť posuvným meradlom ako prevenciu proti použitiu nesprávneho vrtáka. Je to aj kvôli výrobným toleranciam ale tiež v prípade, keď vlastníme aj ine rozmerové triedy vrtákov ako vrtáky s priemerom na celé milimetre. Materiálovo je to oceľový zvarenec z vypálených plechov, a štandardných profilov.



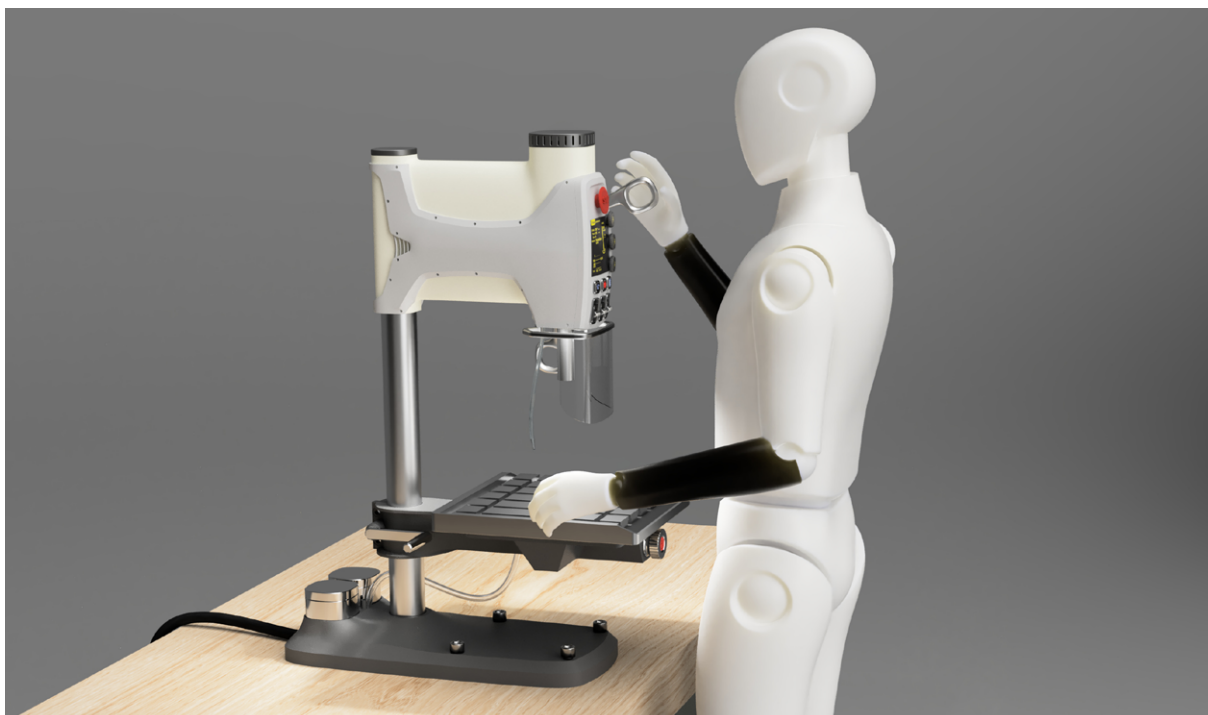
Obr. 6 - 17 Stojan na vrtáky spolu s vrtačkou



## 6.2 Ergonómia postavy



Obr. 6 - 18 Ukážka ergonómie pri sede



Obr. 6 - 19 Ukážka ergonómie úchopu v stoji.  
Výška postavy 170cm, výška stola 70cm výška stoličky 45cm.

## 6.3 Prvky riadiacich panelov a riadiaci panel

Riadiaci panel je umiestnený z prednej časti plastového tela. Obsahuje 3 riadiace enkodérové kolieska, 3 posuvné prepínače/voliče s tlačidlom uprostred, 3 push tlačidlá, displej a bezpečnostné stop tlačidlo.

3 enkodéry s tlačidlom, ktoré vďaka vlastnému displeju umožňujú dynamicky meniť zobrazované a nastavované parametre na základe módu vrtania v ktorom sa vrtačka práve nachádza. Ich pozícia je na okraji pravej hrany, tak aby nemohli byť náhodne odtrhnuté ale zároveň aby boli dobre dostupné pravou rukou, blízko k páke posunu vretena. Výrazne zasahujú do displeja, čo pri súčasných moderných displejoch nepredstavuje žiadne veľké prekážky. V okolí displeja je gumený okraj pre lepšiu priľnavosť a manipuláciu so znečistenými rukami. Tento efekt je ešte umocnený jemným drážkovaním pre zvýšenie gripu kolieska.



Obr. 6 - 20 Pohľad na riadiace enkodéry s tlačidlom.

Push-button je použitý na (obr č. 6-21 zľava hore) zapínanie/vypínanie osvetlenia, zapínanie/vypínanie vrtačky, a zapínanie a vypínanie vretena. Tlačidlá majú tvar squircle so skosením po stranách, v strede sa nachádza prehĺbenie, ktoré napomáha k jednoznačnosti stlačenia, a zabraňuje k sklzu prstu k inému ovládaciemu prvku, z tohoto prehĺbenia vystupujú ikony jasne znázorňujúce funkciu tlačidiel.

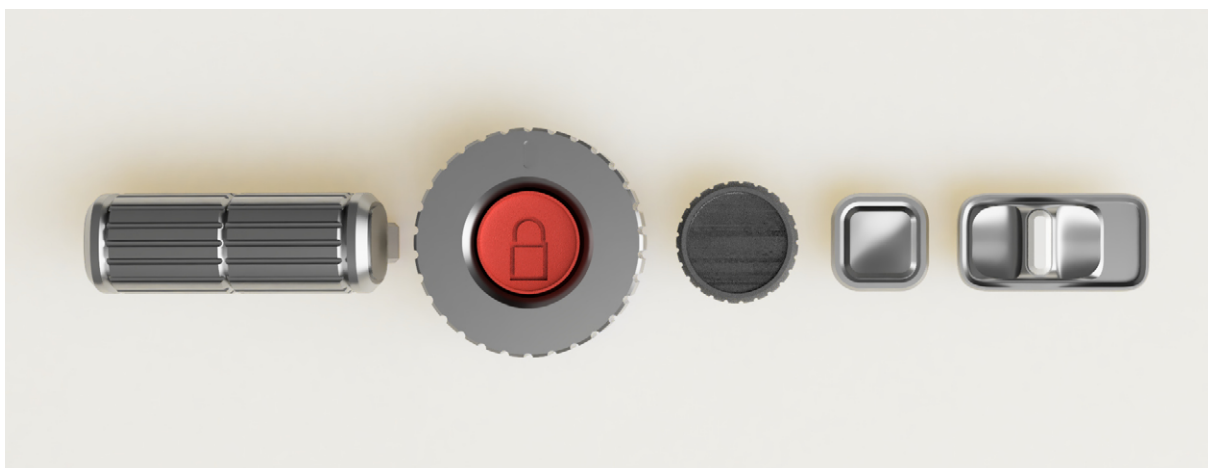


Obr. 6 - 21 Pohľad na push buttony a prepínače

Ďalším riadkom je riadok pre posuvné voliče s tlačidlom. Prvý volič zľava nastavuje mód vrtačky. Nastavuje profi alebo basic zobrazovací mód a jeho stredné tlačidlo slúži na vyvolanie menu. Druhý posuvný volič slúži na nastavenie chladiaceho média. Na výber je ofuk stlačeným vzduchom alebo chladenie chladiacou emulziou, prípadne rezným olejom. Jeho prostredné tlačidlo slúži na spustenie alebo zastavenie chladenia/mazania. Tretí posuvný volič slúži na zmenu rotačného pohybu ľavotočivého na pravotočivý a naopak. Stredné tlačidlo slúži po dlhšom stlačení na spustenie automatického posuvu. Posuvné voliče vychádzajú z designu tlačidiel a celej vrtačky a sú inšpirované tvarom squircle.

Postranný volič ktorý je umiestnený mimo riadiacu plochu, a je bližšie k páke posuvu. Slúži na nastavenie nulového bodu, výšky a maximálnej hĺbky vrtania. Obsahuje dve tlačidlá z vrchu a zospodu a dva otočné voliče. Po stranách má perforáciu na zlepšenie gripu. Viac sa mu budem venovať v časti 6.1.3.

Bezpečnostné tlačidlo je umiestnené v úplne hornej časti pre dobrú viditeľnosť a možnosť stlačiť ho prítlakom tela, hlavy alebo ruky v prípade vzniku poruchy alebo nebezpečenstva.



Obr. 6 - 22 Sada ovládacích prvkov pre ovládacie panely



Obr. 6 - 23 Sada ovládacích prvkov pre ovládacie panely pohľad z boku

Displej je umiestnený vo vrchnej časti s jemným náklonom tak, aby bol vždy dobre čitateľný zo stoja aj pri polohe v sede približne vo výške očí. Prvky sú zoradené podľa dôležitosti k pravej strane. [16]



Obr. 6 - 24 Umiestnenie displeja

## 6.4 Displej



Obr. 6 - 25 Ovládacie prvky a displej



Dôležitou súčasťou vŕtačky, ktorá je v polovičnej miere elektronická je prehľadný displej. Jeho hlavnou úlohou je informovať. Z dôvodu práce s olejmi pri vŕtaní je nevhodné používať dotykové displeje, ktoré sú často neprehľadné a ich funkčnosť je obmedzená buď na kapacitný dotyk, alebo dotyk čistým prstom. Z toho dôvodu bolo zvolené ovládanie síce elektrické, ale ovládané elektricky prostredníctvom otočného voliča s tlačidlom, ktorého signál je spracovaný a následné vnútorne prevedený na mechanickú zmenu prostredníctvom ďalších motorov, alebo prevodovky. Táto varianta je spojená s rizikom, že elektronické súčasti prestanú fungovať, čomu sa dá predchádzať vhodnou dimenzáciou použitých súčiastok. Zároveň sa tak ale znižuje šanca vytvorenia mechanickej chyby obsluhou akou je napríklad zmena prevodu prevodovky motora za priameho behu pri záťaži. Elektronika inteligentne rozhodne, kedy je vhodné prevod zmeniť bez rizika odlomenia zuba alebo poškodenia mechanickej súčasti.



Obr. 6 - 26 Displej pri pohľade z nadhľadu

Displej musí byť prehľadný, dobre čitateľný a nesmie dochádzať k zámene sledovaných údajov. Preto bol zvolený amoled displej ktorý má možnosť zapínať iba tie časti displeja, ktoré sú práve aktívne a zvyšok displeja tak zostáva v hlbokoj tme. Čo má za následok vyšší celkový kontrast zobrazovaných jednotiek, písmenká aj celé menu je v žltej farbe kvôli jednoznačnosti. Dôležité je zachovať jednotnú farbu bez zmien. Displej tiež poskytuje možnosť farbu zmeniť v menu vŕtačky.

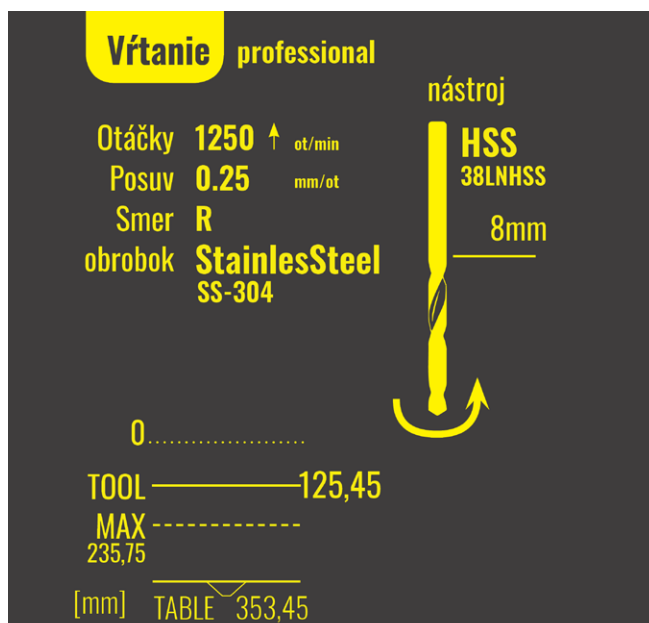




Obr. 6 - 27 Finálne prevedenie so všetkými ovládacími prvkami

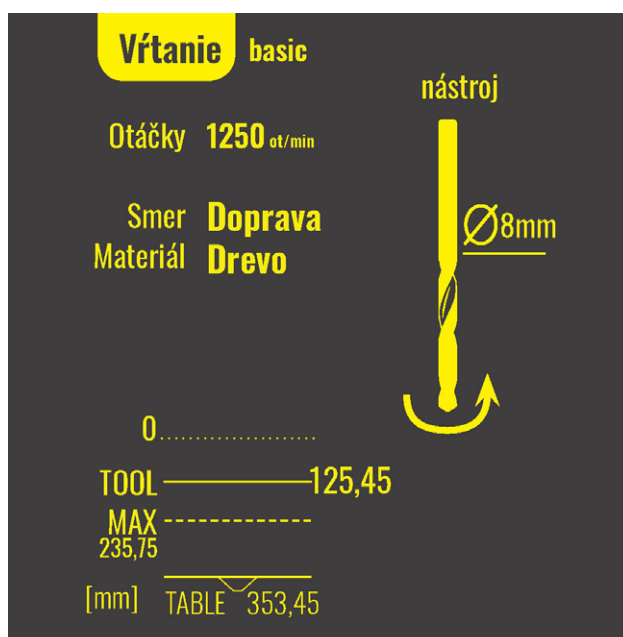
## 7 FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE

### 7.1 Grafické rozhranie displeja a tlačidiel

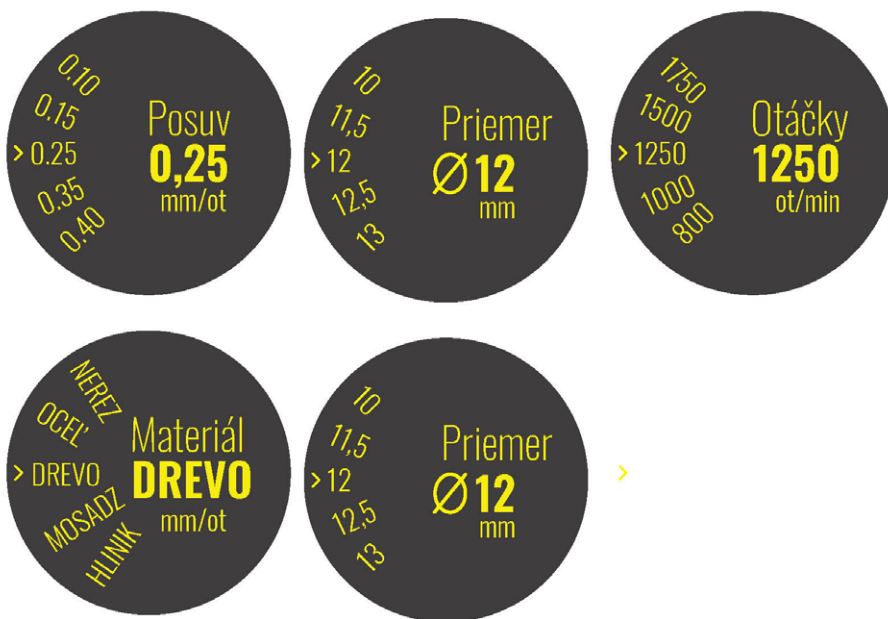


Obr. 7 - 1 Ukážka návrhu zobrazovacieho displeja v profi móde

Keďže je displej pomerne veľký, máme možnosť na ňom zobrazovať takmer všetky potrebné údaje. Sú na ňom vyobrazené hlavné rezné podmienky, ale aj odmeriavanie vzdialenosti v ose-Z vretena, smer otáčania aj ukážka nástroja. Niektoré informácie displej zobrazuje duálne, no na displeji je možné zobraziť rôzne ďalšie parametre ako napríklad šípky pre odporúčenie iného parametru pre aktuálnu operáciu na základe prepočtov a tabuliek ktoré môžu byť nahrané v pamäti vrtačky a pravidelne aktualizované.

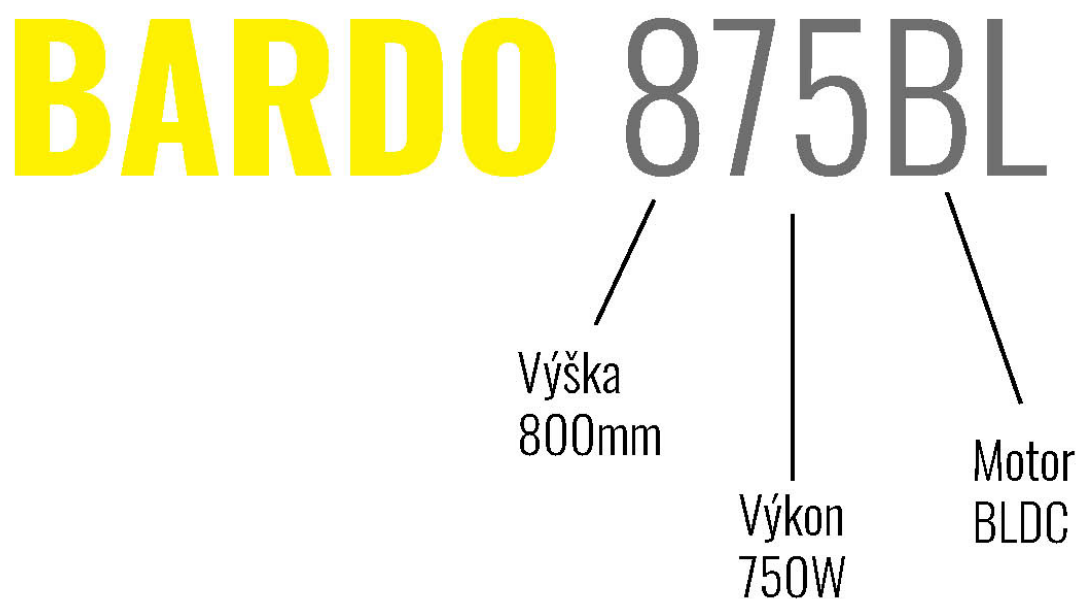


Obr. 7 - 2 Grafické rozhranie displeja pre basic používateľov



Obr. 7 - 3 Grafický návrh displeja otočných voličov

### 7.1.1 Typografia a logotyp



Obr. 7 - 4 Logotyp a označenie vŕtačky.

Logo a model vŕtačky je zobrazený za sebou v žltej farbe loga a šedej farbe je zakódované označenie modelu, výšky a typu použitého motora. Typografia všetkých textových informácií používa rodinu písma Oswald.

# PROFI BASIC AIR OIL LEFT RIGHT

Obr. 7 - 5 Popisky posuvných voličov

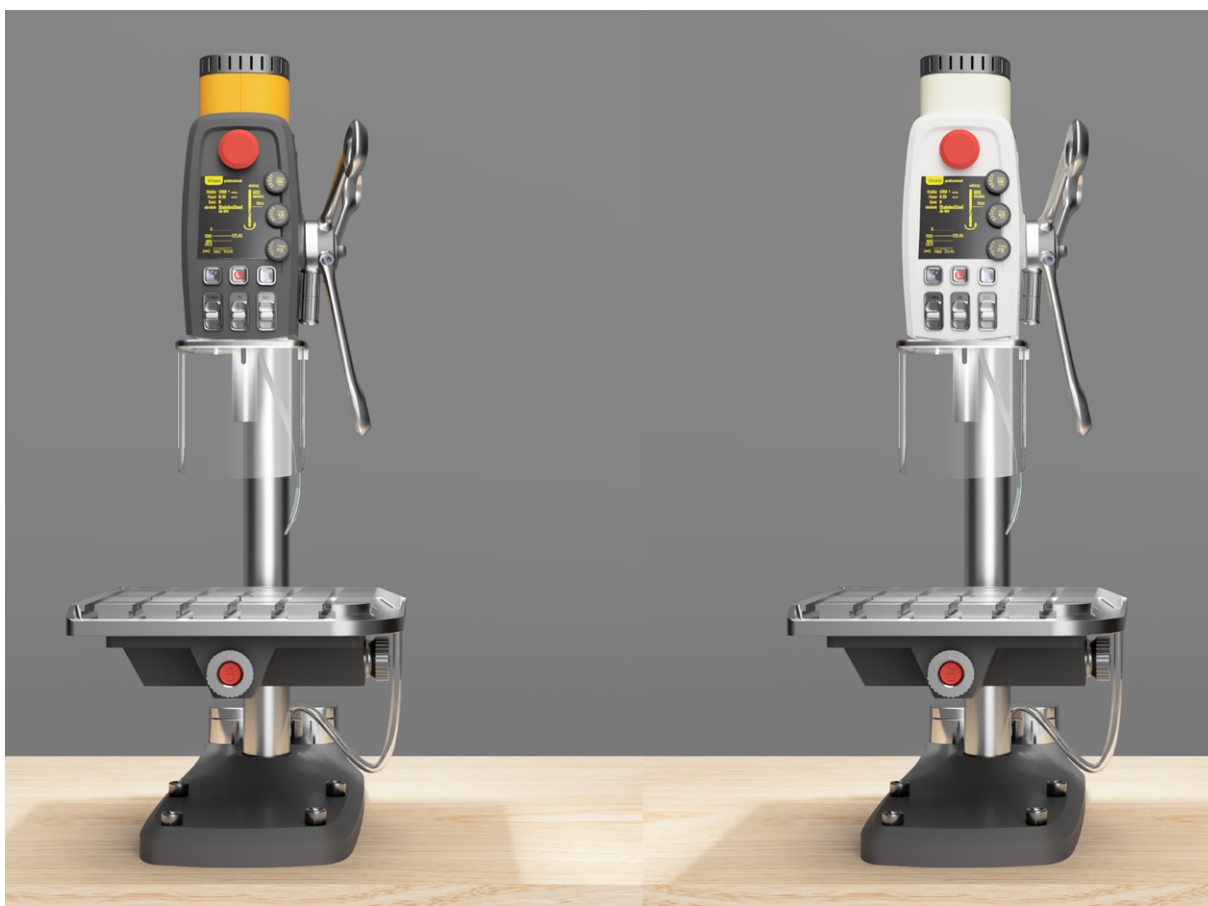
## 7.2 Farebné riešenie

**Pracovný stôl** je súčasť ktorú je z technologického hľadiska nutné udržiavať bez povrchovej úpravy s výnimkou povrchového spevnenia materiálu. Jeho bočné, nie funkčné časti, musia byť povrchovo upravené práškovou farbou pre zamedzenie vzniku korózií. V našom prípade, kedy zo stolom hýbeme v osiach x, z je nevyhnutné zabezpečiť dostatočné mazanie a tak musí byť farba odolná voči pôsobeniu mazív a ich prípadných aditívnych zložiek.

Z dôvodu zachovania čistoty, kedy do kanálov vane stola vnika rezný olej a trieska rezaného materiálu, farba bola zvolená kontrastne k celému korpusu - tmavo šedá kde zaniknú prípadné nečistoty vzniknuté z vŕtania.

**Stĺp** ako technická časť by mal zostať bez povrchovej úpravy a jeho korozívna odolnosť by mala byť zohľadnená materiálom.

Farebné prevedenie podstavca by malo byť neutrálne voči korpusu aj voči všetkým ostatným častiam, zvolená farebná varianta je tmavá šedá. Najviac vďaka nej vyniká tvar.



Obr. 7 - 6 Farebné varianty pohľad spredu.

Telo je na výber v dvoch farebných prevedeniach - čistej bledej a výraznej tmavej. Na ľavej strane (obr. 7-6) sa nachádza masívne telo s RAL 1032, a plastový kryt v RAL 7012. Na pravej strane je čistá bledá varianta s telom z RAL 9010. Plastový kryt je farebne skombinovaný farbou RAL 9003.



Obr. 7 - 7 Farebné varianty perspektívny pohľad



Obr. 7 - 8 Farebné varianty pohľad z boku



Obr. 7 - 9 Farebné varianty na jednom stole spolu s príslušenstvom



## 8 DISKUSIA

### 8.1 Psychologická funkcia

Vrtačka je náradie ktorého funkčnú stránku berú ľudia na prvé miesto, design väčšinou ide na druhé miesto, dôležité je funkčný design pri ktorom si ľudia povedia, „Áno, do tohoto idem!“. Musí človeka nadchnúť, tvarovo aj funkčne. Vytvorí tak chťič po produkte. Preto som výrobok navrhol tak aby búral zaužívané dogmy v návrhu vrtačiek a design posunul na úplne novú úroveň ktorá sa v komerčnom svete takmer nevyskytuje. Jemné línie po stranách majú vzbudzovať záujem, ako je tomu napríklad u autách. Snažil som sa vyvarovať nezmyselne tvarovaným plochám a každému detailu venovať dostatočnú pozornosť, aby pozorovateľa nesklamal.

### 8.2 Ekonomická funkcia

Navrhnutý design vrtačky je určený pre veľkosériovú výrobu. Vďaka tomu bolo možné posunúť možnosti designu a funkcií ďaleko za hranice dnešných komerčných strojov. Dovoľuje to použiť relatívne veľmi drahé funkcie, a drahý vývoj prípadných funkcií, čo v konečnom dôsledku nebude mať až tak významný vplyv na výrobnú cenu ako by to bolo v prípade malosériovej výroby. Nebál som sa využiť diely vstrekované z plastu, alebo liatu oceľ alebo hliník, ktoré si vyžadujú výrobu nákladných a presných foriem, čo by bolo pri nižších sériách nerentabilné. Vývoj elektrických komponentov tiež nie je lacná záležitosť. No vo veľkých objemoch sa náklady s tým spojené zvyšujú úplne minimálne. Cenovo je oproti profesionálnym strojom niekde uprostred, no v hobby sektore by sa pohyboval na cenovej špičke, čo si vďaka svojej funkčnosti môže dovoliť.

### 8.3 Sociálna funkcia

Výrobok je určený predovšetkým pre malosériové výroby, makerov v zdieľaných dielnach a hobby makerov, ktorý svojím pútavým designom určite nezostane nepovšimnutý. Obzvlášť v miestach kde príde denne do styku s niekoľkými desiatkami rúk. Svojimi funkciami uľahčí a urýchli prácu, a zaujme svojím designom. Ktorý posúva ergonómiu a zvyšuje funkčnosť výrobku.

## 9 ZÁVER

Mojou snahou bolo priniesť funkčne aj designovo nový koncept vŕtačky ktorý by mal vyriešené niektoré nedostatky ktorým čelia makery v otvorených dielňach. Tvarovo a ergonomicky som sa zameriaval v prvom rade na páku posuvu vretena, ktorá dostala úplne novú funkčnosť a tvar. Ďalšie vylepšenia boli vytvorené v oblasti ovládania a užívateľského rozhrania vŕtačiek. Celú vŕtačku som vytvoril tak, aby svojimi časťami tvarovo, funkčne, a farebne ladila. Konštrukcia je vo väčšej miere ocelová, krytovanie plastové no niektoré komponenty boli navrhnuté aj so zliatin hlinku. Cieľom bolo vytvoriť design, ktorý na prvý pohľad zaujme a nezostane nepovšimnutý. Popri návrhu vŕtačky, bolo vytvorených aj niekoľko funkčných konceptov príslušenstva. A bola tiež predpísaná predpokladaná funkcionality jednotlivých častí vŕtačky.



## ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] Nova Voyager Drill Press. In: <https://www.teknatool.com/product/nova-voyager-dvr-drill-press/> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.teknatool.com/wp-content/uploads/2016/10/drillpress-closeup.jpg>
- [2] Nova Voyager Drill Press concept. In: <https://www.blender.nz/portfolio/smart-dvr-drill-press/> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.blender.nz/wp-content/uploads/2016/05/Portfolio-SingleImage-Drillpress6.jpg>
- [3] BOSCH PBD 40. In: <https://www.bosch-do-it.com/cz/cs/dom%C3%A1c%C3%ADkutil/n%C3%A1stroje/pbd-40-3165140569187-199903.jsp> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://www.bosch-do-it.de/media/diy/diymedia/199897/199903/26579/26579\\_proding/368637\\_600\\_370.png](https://www.bosch-do-it.de/media/diy/diymedia/199897/199903/26579/26579_proding/368637_600_370.png)
- [4] Scheppach DP 16 VL. In: <https://www.scheppach.com/product-details/Bohrmaschine-DP16VL-scheppach.aspx> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://www.scheppach.com/myfactory/CustomUpload/37403570340037003560369035003640357035803660/dp16vl\\_ha\\_scheppach-web.png](https://www.scheppach.com/myfactory/CustomUpload/37403570340037003560369035003640357035803660/dp16vl_ha_scheppach-web.png)
- [5] Proxxon TBH Bench drill press. In: <http://www.restaurarconservar.com/Proxxon-TBH-Bench-drill-press> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [http://www.restaurarconservar.com/WebRoot/ce\\_pt/Shops/298256/5AE1/005E/F1BB/58F0/9F6F/C0A8/190D/0E9A/Proxxon\\_Engenho\\_de\\_furar\\_TBH\\_m.jpg](http://www.restaurarconservar.com/WebRoot/ce_pt/Shops/298256/5AE1/005E/F1BB/58F0/9F6F/C0A8/190D/0E9A/Proxxon_Engenho_de_furar_TBH_m.jpg)
- [6] FLOTT TB 23 PLUS. In: <http://www.flott.cz/?i=398/stolni-a-sloupove-vrtacky-flott-nove-rady-plus-na-400-v> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [http://www.flott.cz/epd/content/401\\_m.jpg](http://www.flott.cz/epd/content/401_m.jpg)
- [7] Bernardo KBM 32. In: <https://www.bernardo.at/cz/kbm-32.html> [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://www.bernardo.at/pub/media/catalog/product/cache/f9bb4946b08eb56afc1e83d5b55bf276/0/1/01-1341XL\\_1.jpg\\_2.jpg](https://www.bernardo.at/pub/media/catalog/product/cache/f9bb4946b08eb56afc1e83d5b55bf276/0/1/01-1341XL_1.jpg_2.jpg)
- [8] Max Eyth - Camelback DP-1 1890 [online]. In: . [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://i.pinimg.com/originals/c0/1d/34/c01d347772f036084e71e4cbe50f7c53.jpg>
- [9] KOČMAN, K a K PROKOP. Technologie obrábění. 1. Brno: CERN Brno, 2001. ISBN 80-214-196-2.
- [10] HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE 1: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část [online]. 2003 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
- [11] HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část [online]. Brno: VUT, 2003 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
- [12] BAXTER, L. K. Capacitive Sensors [online]. 7-20-00. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.capsense.com/capsense-wp.pdf>

- [13] HRIVNÁK, Roman. Obrábění a zpracování kovů - Vrtání. Eluc.kr-olomoucky.cz [online]. Olomouc [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1207>
- [14] Vřtačka sloupová VS 20 B. In: Www.heltos.cz [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [http://www.heltos.cz/images/katalog/13\\_la.jpg](http://www.heltos.cz/images/katalog/13_la.jpg)
- [15] ZEMČÍK, Oskar. Vřtačky: JEDNOTNÉ NORMATIVY CNN-10-2-2-0/III – 1977. BRNO, 2006. Dostupné také z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/technologicka\\_priprava\\_vyroby/Cv.06/normativ\\_vrtacky.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/technologicka_priprava_vyroby/Cv.06/normativ_vrtacky.pdf). Výběr z normativu, pro potřebu výuky. FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ.
- [16] FRIDRICHOVÁ, Eva. Vizuální řeč ovladačů a sdělovačů obráběcích strojů v Československu z let 1947-1990 [online]. Brno, 2017 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/69912>. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav konstruování. Vedoucí práce Jan Rajlich.
- [17] MALÁSEK, PETR. KONSTRUKCE STOLNÍ Vřtačky. Brno, 2015. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.
- [18] ELEKTROMOTORY,: Produktová rada, BLDC, trakčné motory, synchronne, asynchronne motory. Raveo.cz [online]. Otrokovice: raveo, 2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.raveo.cz/motory>

## ZOZNAM OBRÁYKOV

Obr. 2 - 1 Historická vŕtačka Max Eyth - Camelback DP-1 [8]	2
Obr. 2 - 2 Vŕtačka Heltos [14]	3
Obr. 2 - 3 Vŕtačka Bernardo [7]	4
Obr. 2 - 4 Vŕtačka Flott [6]	5
Obr. 2 - 5 Vŕtačka Proxxon [5]	6
Obr. 2 - 6 Vŕtačka Scheppach [4]	7
Obr. 2 - 7 Vŕtačka Bosh [3]	8
Obr. 2 - 8 Voyager ako koncept [2]	9
Obr. 2 - 9 Voyager ako spotrebný produkt [1]	9
Obr. 2 - 10 Hlavné súčasti vŕtačky	11
Obr. 2 - 11 Popis reznej kinematiky nástroja [9]	12
Obr. 4 - 1 Variantný návrh 1	16
Obr. 4 - 2 Variantný návrh 2	17
Obr. 4 - 3 Variantný návrh 3	18
Obr. 4 - 4 Variantný návrh 3	19
Obr. 4 - 5 Hlinené modely na overenie tvarového a ergonomického prevedenia	20
Obr. 4 - 6 Perspektívny pohľad na variantný návrh páky posuvu	21
Obr. 4 - 7 Variantný návrh páky posuvu po ergonomickej štúdií	21
Obr. 5 - 1 Pohľad na vrchlík vretena a stĺpu	22
Obr. 5 - 2 Masívne telo vŕtačky	23
Obr. 5 - 3 Predný a bočný pohľad na plastový kryt	23
Obr. 5 - 4 Perspektívny pohľad na plastový kryt	24
Obr. 5 - 5 Pohľad z vrchu na podstavec	25
Obr. 5 - 6 Pohľad zboku	25
Obr. 5 - 7 Perspektívny pohľad na podstavec	26
Obr. 5 - 8 Výsledné tvarové riešenie - pohľad z hora	26
Obr. 5 - 9 Výsledné tvarové riešenie v ortografickom pohľade	27
Obr. 6 - 1 Schematické vnútorné usporiadanie	28
Obr. 6 - 2 Základné rozmery jednotlivých komponentov	29
Obr. 6 - 3 Elektrický mechanizmus na nastavenie hĺbky vŕtania a nulového bodu.	31
Obr. 6 - 4 Čelný pohľad na páku posuvu vretena	32
Obr. 6 - 5 Podhľad, demonštrácia svetelnej plochy pri zhasnutom okolitom svetle.	33
Obr. 6 - 6 Tvar osvetľovacieho prvku pri dennom svetle	33
Obr. 6 - 7 Svetlo emitované z lampy na vŕtačke	34
Obr. 6 - 8 Stĺpu a uchytenie pracovného stola	35
Obr. 6 - 9 Pohľad perspektívny na pracovný stôl	35
Obr. 6 - 10 Pohľad na pracovný stôl z vrchu	36
Obr. 6 - 11 Pohľad na pracovný stôl (odvrchu) spredu, sprava, zo zadu a zľava	37
Obr. 6 - 12 Pohľad na pracovný stôl zospodu	37
Obr. 6 - 13 Pohľad na nerezové nádoby	38
Obr. 6 - 14 Nerezové nádoby na reznú kvapalinu	38
Obr. 6 - 15 Pohľad zboku na bezpečnostný kryt	39
Obr. 6 - 16 Stojan na vŕtáky	39
Obr. 6 - 17 Stojan na vŕtáky spolu s vŕtačkou	40
Obr. 6 - 18 Ukážka ergonómie pri sede	41
Obr. 6 - 19 Ukážka ergonómie úchopu v stoji.	41
Obr. 6 - 20 Pohľad na riadiace enkodéry s tlačidlom.	42
Obr. 6 - 21 Pohľad na push buttony a prepínače	42
Obr. 6 - 22 Sada ovládacích prvkov pre ovládacie panely	43

Obr. 6 - 23 Sada ovládacích prvkov pre ovládacie panely pohľad zboku	43
Obr. 6 - 24 Umiestnenie displeja	44
Obr. 6 - 25 Ovládacie prvky a displej	44
Obr. 6 - 26 Displej pri pohľade z nadhľadu	45
Obr. 6 - 27 Finálne prevedenie so všetkými ovládacími prvkami	46
Obr. 7 - 1 Ukážka návrhu zobrazovacieho displeja v profi móde	47
Obr. 7 - 2 Grafické rozhranie displeja pre basic používateľov	47
Obr. 7 - 3 Grafický návrh displeja otočných voličov	48
Obr. 7 - 4 Logotyp a označenie vrtáčky.	48
Obr. 7 - 5 Popisky posuvných voličov	48
Obr. 7 - 6 Farebné varianty pohľad spredu.	49
Obr. 7 - 7 Farebné varianty perspektívny pohľad	50
Obr. 7 - 8 Farebné varianty pohľad zboku	50
Obr. 7 - 9 Farebné varianty na jednom stole spolu s príslušenstvom	51

## ZOZNAM PRÍLOH

Zmenšený poster (A4)

Fotografie modelu (A4)

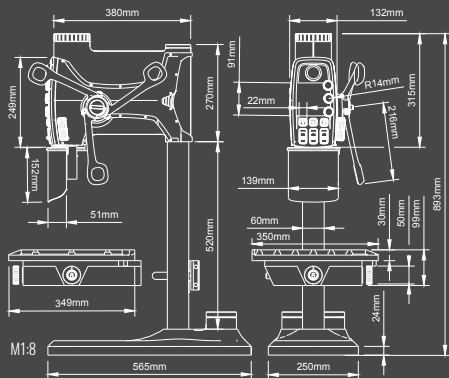
Plagát A1

Konceptný model M 1:1

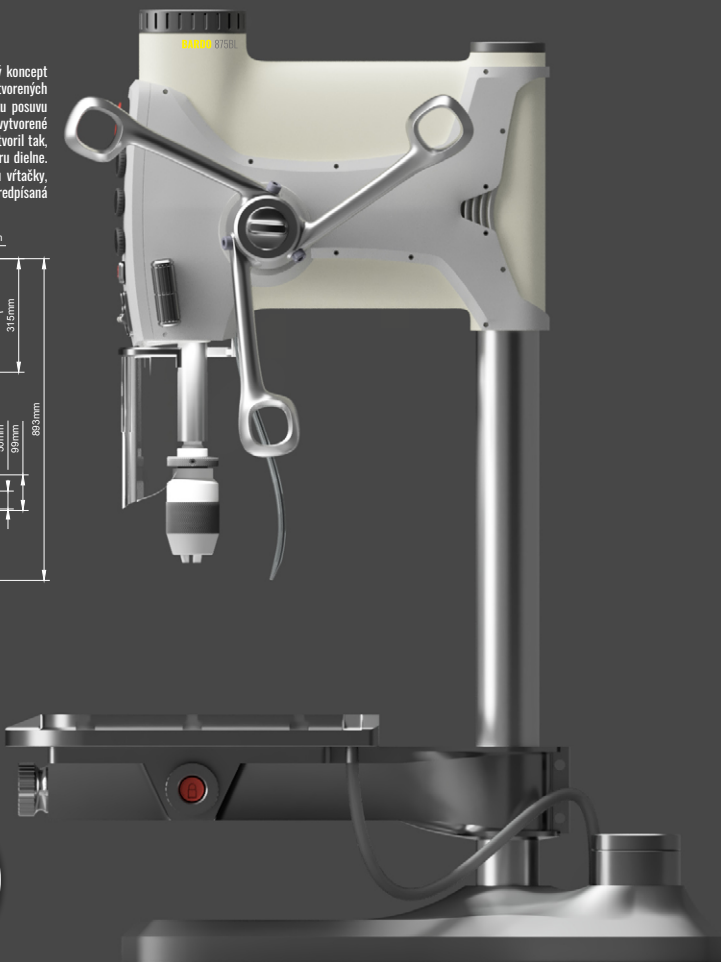
## Zmenšený poster

### BARDO 875BL

Mojou snahou bolo bakalárskou prácou priniesť funkčne aj designovo nový koncept vŕtačky ktorý by mal vyriešiť niektoré nedostatky ktorým čelia tvorcovia v otvorených dielnach. Tvarovo a ergonomicky som sa zameriaval v prvom rade na páku posuvu vretena, ktorá dostala úplne novú funkčnosť a tvar. Ďalšie vylepšenia boli vytvorené v oblasti ovládania a užívateľského rozhrania vŕtačiek. Celú vŕtačku som vytvoril tak, aby svojimi časťami tvarovo, funkčne, a farebne ladila a zapadla do priestoru dielne. Konštrukcia je vo väčšej miere oceľová, krytovanie plastové. Popri návrhu vŕtačky, bolo vytvorených aj niekoľko funkčných konceptov príslušenstva. Bola tiež predpísaná predpokladaná funkcionálnosť jednotlivých častí vŕtačky.



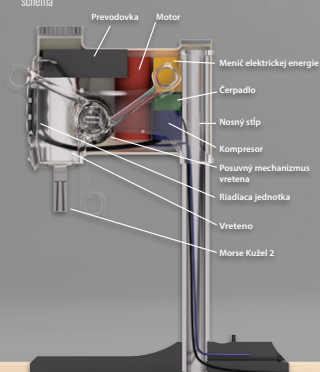
Podsvietenie  
pracovnej dosky



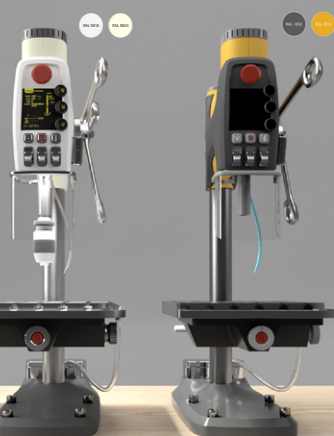
Ergonómia  
vrtania



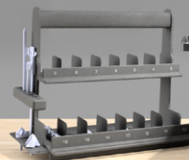
Vnútroš  
schéma



Farebné  
varianty



Stojan na vŕtačky  
a príslušenstvo  
s triedičom



DESIGN STOLNÝ VŔTAČKY / BAKALÁRSKÁ PRÁCE / Autor: Matúš Gago / Vedúci práce : Ing. Eva Fridrichová, Ph.D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19

